

Fachhochschule Potsdam

Edelputze und Steinputze

Materialfarbige Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts
mit farbigem Trockenmörtel – Entwicklung wirtschaftlicher und
substanzschonender Erhaltungstechnologien



Abschlussbericht

Projekt-Nr. Az 26503-45

Bericht: Dipl.-Ing. (FH) Architektur M.Sc. Bettina Lietz

Inhalt

Einleitung	I
1 Stand des Wissens und der Technik	1
1.1 Terminologie und Geschichte der Edelputze und Steinputze	1
1.1.1 Definition	1
1.1.2 Geschichte	2
1.1.3 Markennamen	3
1.2 Bestandteile von Trockenmörteln	5
1.2.1 Bindemittel	6
1.2.2 Farben / Pigmente	6
1.2.3 Zuschläge	8
1.2.4 Zusätze	9
1.2.5 Moderne Edelputzsysteme	10
1.3 Ausführung von Edelputzen	11
1.3.1 Anwendungstechniken	12
1.3.2 Putztechniken ohne weitere Bearbeitung nach dem Aufbringen des Mörtels	15
1.3.3 Putztechniken, deren Strukturierung mittels speziell geformter Werkzeuge erfolgt	23
1.3.4 Gezogene oder gerappte Putze	34
1.3.5 Verriebene Putze	38
1.3.6 Gekratzte Putze	43
1.3.7 Steinputztechniken	46
1.3.8 Sonderformen der Putztechniken	48
1.4 Rezepturen von Kalk- und Zementmörteln	51
2 Erhaltungszustände von Putzen	62
2.1 Schadensbilder	62
2.1.1 Krusten, Beläge und oberflächliche Ablagerungen	64
2.1.2 Ausblühungen	66
2.1.3 Mikrobieller Befall und pflanzlicher Bewuchs	67
2.1.4 Verfärbungen	69
2.1.5 Strukturelle Entfestigung der Putzmatrix	70
2.1.6 Auswaschungen	71
2.1.7 Rissbildung, Schalenbildung und Hohlstellen	73
2.1.8 Fehlstellen	75
2.2 Überarbeitungen	76
2.2.1 Überfassungen und Überputzungen	76
2.2.2 Ergänzungen	79
2.3 Zusammenfassung	80
3 Feldversuche mit Werk trockenmörteln und Baustellenmischungen	83
3.1 Anlegen von Musterflächen mit Edelputz und Steinputz	83
3.2 Baustellenmischungen Steinputz	85
3.3 Auswertung	86
3.3.1 Edelputz	86
3.3.2 Steinputz	87

4 Bestandsaufnahme von historischen Bauten mit Edel- und Steinputzflächen in Berlin/Brandenburg	91
4.1 Objektrecherche	91
4.2 Objektkatalog	92
4.2.1 Statistische Auswertung des Bestandes und der Verbreitung im Raum Berlin Brandenburg	93
4.2.2 Zusammenfassung	98
5 Chemisch-physikalische Charakterisierung bauzeitlicher Putze	99
5.1 Herkunft der Putzproben	99
5.2 Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden	100
5.3 Untersuchungsergebnisse Edelputze	104
5.3.1 Großsiedlung Siemensstadt (Ringsiedlung Berlin-Charlottenburg)	104
5.3.2 Hufeisensiedlung	106
5.3.3 Kissingenviertel	116
5.3.4 Akademie der Künste	120
5.3.5 Säuglingskrankenhaus Weißensee	122
5.3.6 Landhaus Abraham	124
5.3.7 Wohnhaus Amundsenstraße, Potsdam	126
5.3.8 Buddhistisches Haus – Gartenhaus u. Eingangstor	128
5.3.9 Liebermann-Villa	131
5.3.10 Wohnhaus Schöneiche	133
5.3.11 Wohnhaus Wilhelmshorst	134
5.4 Untersuchungsergebnisse Wertheimhaus	135
5.4.1 Wertheimhaus / Kulturfabrik Moabit	135
5.5 Untersuchungsergebnisse Steinputze	140
5.5.1 Weiße Stadt	140
5.5.2 Pergamonmuseum	145
5.6 Zusammenfassung Untersuchungsergebnisse	153
5.6.1 Zusammenfassung Putzanalysen Edelputze	153
5.6.2 Zusammenfassung der durch Putzanalysen ermittelten Edelputzrezepte	155
5.6.3 Zusammenfassung Putzanalysen Steinputze und Betonwerkstein	157
6 Versuchsreihen zu Oberflächenreinigung, Hinterfüllung und Nachstellung	158
6.1 Konservatorisch-restauratorische Anforderungen	158
6.2 Oberflächenreinigung - Überblick zur Gruppe der Partikelstrahlverfahren	159
6.2.1 Injektorstrahlverfahren	160
6.2.2 Druckstrahlverfahren	161
6.2.3 Trockeneis- und Schneestrahlfverfahren	162
6.2.4 Mikrofeinsandstrahl-Gerät	163
6.2.5 Torbo-Feuchtstrahlsystem	164
6.2.6 Vakuumstrahlverfahren	165
6.2.7 Arbeits- und Umweltschutz	165
6.2.8 Bewertung	165
6.3 Reinigung - Überblick zur Gruppe der wässrigen und chemischen Methoden	166
6.3.1 Trägermaterialien	166
6.3.2 Kompressen, Pasten und Gele	166
6.3.3 Wirkstoffe	168
6.3.4 Bewertung	173

6.4	Fallbeispiele vorangegangener Restaurierungs- und Konservierungsmuster	175
6.5	Laborversuche zur Oberflächenreinigung und Anstrichentfernung	179
6.5.1	Wertheim-Fabrikgebäude Berlin-Moabit	179
6.5.2	Kino Titania Palast Berlin-Steglitz	182
6.5.3	Bewertung	184
6.6	Feldversuche zur Oberflächenreinigung	186
6.6.1	Auswahl Strahlverfahren	186
6.6.2	Auswahl Strahlgüter	186
6.6.3	Feldversuche Villa Amundsen-Str. Potsdam und Wohnhaus Dinkelsbühler Steig Berlin	188
6.7	Fachrecherche Hinterfüllmaterialien	204
6.7.1	Methodik und Strukturierung	204
6.7.2	Bewertung	204
6.8	Nachstellung – Überblick zu den durchgeführten Arbeiten	206
6.9	Nachstellung von Edelputzen	207
6.9.1	Putze der Hufeisensiedlung	207
6.9.2	Ockerfarbene Edelputze verschiedener Wohnhäuser in Berlin und Brandenburg	214
6.9.3	Auswertung Nachstellung Edelputze	223
6.10	Nachstellung von Steinputzflächen am Beispiel des Pergamonmuseums	225
6.10.1	Bestandsaufnahme	225
6.10.2	Entwicklung eines Nachstellungsmörtels für das Pergamonmuseum	241
6.10.3	Auswertung der Nachstellung der Steinputze für das Pergamonmuseum	261
6.11	Auswertung	264
6.11.1	Oberflächenreinigung	264
6.11.2	Hinterfüllung	264
6.11.3	Nachstellung	265
7	Verzeichnisse	I
7.1	Forschungsstand	I
7.1.1	Im Rahmen des Projekts durchgeführte Untersuchungen	I
7.1.2	Im Rahmen des Projekts durchgeführte Projekt-, Fach- und Diplomarbeiten	II
7.1.3	Zwischenberichte des Projekts	III
7.1.4	Zum Thema an der FHP durchgeführte Seminar-, Fach- und Diplomarbeiten	IV
7.1.5	Zum Thema durchgeführte Fach-, Diplomarbeiten und Dissertationen anderer Hochschulen	IV
7.1.6	Sonstige Hochschulschriften	V
7.2	Literatur	VI
7.2.1	Verwendete Literatur	VI
7.2.2	Weiterführende Literatur	X
7.3	Abbildungsverzeichnis	XVIII

Edelputze und Steinputze. Materialfarbige Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts mit farbigem Trockenmörtel – Entwicklung wirtschaftlicher und substanzschonender Erhaltungstechnologien

„Der Putz ist .. ein Umhüllungsstoff von ganz besonderer Art. Er ist kein Baustoff, der fertig zur Baustelle geliefert wird. ... Der Putz wird am Bau geboren, und nicht etwa in einem kurzen Geburtsakt, sondern in einer langen Zeit, der sogenannten Abbindezeit, die, zum Teil – wenigstens nach Ansicht einiger Fachgelehrter – niemals beendet wird. Dieser Entstehungsprozess ist auch nicht etwa in seinem Endergebnis nur abhängig von den zur Mörtelzubereitung benutzten Stoffen und von ganz bestimmten, sich immer gleich bleibenden chemischen und physikalischen Vorgängen, sondern in unerhörtem Umfange wechselnd, weil einmal die Rohstoffe, Sand, Kalk und Wasser, in ihrer chemischen Eigenart nicht gleichwertig, sondern unendlich verschieden sind, und weil weiter der Abbindeprozess sich unter dem Einflusse von gleicher Tages- und Nachttemperatur, von ungleichem Wechsel zwischen Nässung und Trocknung ganz verschiedenartig vollzieht und auswirkt.“ (Eduard Jobst Siedler, 1927)¹

¹ Siedler, Ed. Jobst: Der Putz und seine Verwendung, Berlin 1927, S. 8.

Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojektes hat sich gezeigt, dass, trotz historisch bedingter Verluste oder baulicher Veränderungen in der Berlin-Brandenburgischen Architekturlandschaft, noch eine Vielzahl von Objekten mit Architekturoberflächen erhalten geblieben sind, die bauzeitlich mit Edel- und Steinputzen gestaltet wurden. Die Fassaden des Pergamonmuseums in Berlin stehen hierfür als ein prominentes Beispiel.

Umfangreiche Literatur-, Material- und Objektrecherchen bildeten die Grundlage zu diesen „neuen“ Werkfertigmörteln in der Zeit des „Neuen Bauens“ der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Eine dafür erstellte Objektdatenbank entsprechender Bauten in Potsdam und Berlin, orientiert an historischen Referenzlisten führender Baustoffhersteller dieser Zeit, war dazu die Arbeitsplattform des Forschungsprojektes.

Das darauf aufbauende, naturwissenschaftlich begleitete Untersuchungsprogramm mündete so in praxisorientierten Versuchsanordnungen zur Nachstellung jeweils relevanter Ergänzungsmaterialien und deren Erprobung an ausgesuchten Objekten.

Das reichte von Labor- und Feldversuchen zur Putznachstellung über Versuchsreihen zur Oberflächenreinigung und Anstrichentfernung am bauzeitlichen Objekt bis hin zur Nachstellung objektspezifischer Edel- und Steinputz basierter Ergänzungsmassen. Der denkmalgerechte und natürlich materialkonforme Reparaturansatz stand bei beiden Materialgruppen dabei im Vordergrund.

Durch die Integration von intensiv begleiteten studentischen Abschluss- und Projektarbeiten zu materialspezifischen Themen konnten einzelne Aspekte des Forschungsprojektes in Theorie und Praxis breitgefächert abgedeckt werden. Die enge Zusammenarbeit mit dem Fachhandwerk, naturwissenschaftlichen Laboren und externen Fachkolleginnen und -kollegen wiederum lieferte den Beleg sowohl für die Machbarkeit als auch die Grenzen von Material und Technologie. Die Teamfähigkeit und –bereitschaft aller Beteiligten bei der denkmalgerechten und ökonomisch vertretbaren Erhaltung von Architekturoberflächen hat sich auch im Zusammenhang dieses Forschungsprojektes wieder einmal als wichtige Voraussetzung bestätigt.

Der Erfolg dieses von der DBU großzügig geförderten Forschungsprojektes hatte somit viele Mütter und Väter. Der pauschalisierte Dank gilt daher, neben den anonymen Objektgebern, speziell dem BBR Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung für die großzügige Unterstützung im Rahmen der Arbeiten am Pergamonmuseum in Berlin, den Vertreterinnen und Vertretern der Denkmalschutz- und -fachbehörden in Brandenburg und Berlin für die tatkräftige Hilfestellung und den externen Fachkolleginnen und -kollegen für die engagierte Zusammenarbeit.

Der spezielle Dank gilt aber dem sogenannten harten Kern des Projektes an der Fachhochschule Potsdam und dem IBB Institut für Bauforschung und Bauerhaltung, also den beteiligten Studierenden und Kolleginnen und Kollegen des Studiengangs Konservierung und Restaurierung und ganz speziell Bettina Lietz und Sven Wallasch.

Potsdam, im Frühsommer 2013

Prof. Werner Koch / Projektleiter

1 Stand des Wissens und der Technik

1.1 Terminologie und Geschichte der Edelputze und Steinputze

1.1.1 Definition

Edel- und Steinputze sind fabrikmäßig hergestellte, materialfarbige Werk trockenmörtel auf der Basis von trocken gelöschtem Kalk oder Zement, die als gebrauchsfertige Sackware auf die Baustelle geliefert und dort lediglich noch mit Wasser angemacht werden müssen.

Edelputze enthalten als Hauptbindemittel hydraulische, trocken gelöschte Kalke, seltener Zementzusätze, während in Steinputzen für besonders hohe Festigkeit Zement als Bindemittel vorherrscht, da diese nachträglich steinmetzmäßig bearbeitet werden. Bei beiden bewirken verschiedene Bearbeitungstechniken und Gesteinszuschläge in verschiedenen Körnungen besondere Oberflächenbeschaffenheiten mit speziellen Farbwirkungen sowie Glanzeffekten.

Farbige Trockenmörtel werden z.T. unter verschiedenen Bezeichnungen geführt. CLAS nennt Edel- und Steinputz unter dem Überbegriff „farbiger Naturputz“². Für „Edelputz“ finden sich im ersten Viertel des 20. Jh. auch die Bezeichnungen „Trockenmörtel“, „Fassadenputz“ und „Kunstputz“; „Steinputz“ wird auch als „Antragmasse“ sowie als „Kunststeinputz“ bezeichnet.³

Terranova beschreibt Edelputz wie folgt: „Terranova-Edelputz ist ein aus ausgewählten, ständig überprüften und zum Teil wasserabweisend gemachten Bindemitteln⁴ zeolithhaltigen, staubfreien Quarzsanden von genau festgesetzten Körnungsverhältnissen und licht- und kalkechten Körperfarben fabrikmäßig hergestellter Trockenmörtel, der gebrauchsfertig geliefert wird ..“⁵

1925 wird in den Technischen Vorschriften für Bauleistungen bzw. DIN 1964 (Putz- und Stuckarbeiten)⁶ Edel- und Steinputz wie folgt definiert: „Edel- und Steinputzmörtel müssen aus erprobten Zuschlagsstoffen und Bindemitteln in gleichmäßiger Färbung und Körnung hergestellt und farbbeständig sein. Die Färbung darf sich auch durch Einwirkung der Bindemittel und Zuschlagstoffe nicht verändern. Fabrikmäßig hergestellte Mischungen sind unvermischt und ungesiebt nach den Vorschriften des Lieferwerks zu verwenden.“

GRÜNDLING schreibt: „Unter Terranova (Neuputz) (Terranova-Industrie in Freihung, München, Frankfurt a.M.), [...] versteht man im allgemeinen ein fertiges Mörtelprodukt, hergestellt aus zerkleinertem und gemahlenem Urgestein, als Marmor, Porphyr, Granitglimmer usw. mit Bindemittelzusatz von hydraulischem Kalk oder Zement. Dieser fertige Mörtel wird sofort, nur mit Wasser angemacht, auf dem ebenfalls käuflichen Untergrundputz abgezogen, als Glättputz oder körniger Rauhputz, in verschiedenartigem Farbenton“⁷

² Clas, L.: Farbiger Naturputz, in: Bauwelt, Heft 44/1925, S. 1040-1041. Und: ders.: Farbiger Naturputz, in: Bauwelt, Heft 43/1926, S. 1040.

³ Vgl. z.B. Probst, Erich: Handbuch der Betonsteinindustrie, Halle a.S. 1936, S. 611. Probst nennt die Bezeichnung „Kunststeinputz“ jedoch „veraltet“. Noch 1950 verweist er auf den veralteten Begriff. Vgl. Probst: Steinfibel, 1950, S. 55.

⁴ Möglicherweise handelt es sich hierbei um pulverförmige Fluat bzw. Trockenfluat.

⁵ 60 Jahre Terranova. 1893-1953, o.O. [Wien?] 1953, S.12.

⁶ Technische Vorschriften für Bauleistungen: aufgestellt vom Reichs-Verdingungs-Ausschuß, August 1925 und: Technische Vorschriften für Bauleistungen: aufgestellt vom Reichs-Verdingungs-Ausschuß unter Berücksichtigung der Änderungen bis Juli 1936, (DIN Taschenbuch 3), zit. n.: Schmidt, Paul / bearb. v. Hugo Ebinghaus: Handbuch des Hochbaus, Nordhausen²1926, S. 669. Und: Girndt, Martin: Baustoffkunde, Leipzig, Berlin¹¹1933, S. 101 bzw. Lade, Karl / Winkler, Adolf: Die Putzarbeiten, Stuttgart 1936, S.30.

⁷ Gründling, Paul: Der praktische Maurermeister, Leipzig 1912, Reprint 2005, S.177.

GIRNDT definiert Edelputze wie folgt: „Edelputze sind farbige Trockenmörtel, deren Färbung durch Mehl von natürlichen Gesteinen erzielt wird. Das Bindemittel ist Zement.“⁸ [...] Am bekanntesten sind die Terranova und der Terrasit. Terranova ist ein mit Wasser abbindendes Mörtelpulver, das in vielen kräftigen Farbtönen hergestellt wird, und das einen wetter- und wärmebeständigen Putz gibt. Terranovaputz ist frei von Ausschlügen und, da er luftdurchlässig ist, auch den hygienischen Ansprüchen genügend. Er wird zunächst als Bewurf aus rauhem „Unterputz“ hergestellt (Terranova und Sand oder mit Terranova versetzter Kalksandmörtel), auf den der aus reiner Terranova bestehende Oberputz aufgetragen wird. Terranova kann durch Verwendung von Ceresit im Unterputz wasserabweisend gemacht werden.

Ähnlich der Terranova ist der Terrasit, dessen verschiedene Färbungen durch Zusatz von Mehl natürlicher farbiger Gesteine hervorgerufen werden.“

Eine Sonderform des Putzes aus Trockenmörteln ist der Waschputz, ein speziell zusammengesetzter Edelputz aus Zementmörtel oder Kalk-Zementmörtel mit großen, meist gerundeten Kornzuschlägen aus bunten Kiesen. Nach dem Verreiben des aufgetragenen Mörtels wird die Putzhaut mit Wasser, eventuell auch mit schwachem Zusatz von Salzsäure, mit einer harten Bürste abgewaschen, wodurch die charakteristische Oberfläche entsteht.

Vorsatzbeton ist Betonwerksteinmasse und trotz seiner materiellen Ähnlichkeit nicht im eigentlichen Sinne ein Putz, da er nicht angetragen, sondern in der Schalung oder Form vorgegossen wird. Oftmals werden aber beiden Techniken kombiniert, z.B. an Übergängen der Bauteile an der Fassade.

1.1.2 Geschichte

1887: Markteinführung des ersten fabrikmäßig hergestellten Putzes „Binders Polychrom Cement“.⁹

1893: Gründung der „Terranova-Industrie“. Der Fabrikant Dipl.-Ing. Carl August Kapferer und der Architekt Dr. Ing. Wilhelm Schleuning nehmen in Freihung / Oberpfalz die Fabrikation von „Terranova D.R.P.“ auf.¹⁰ Es wurde Putz in den Farbtönen Gelb, Hellrot, Dunkelrot, Silbergrau, Gelblich, Grüngrau und Rötlich angeboten, zunächst unter Verwendung von unterschiedlich farbigem Ziegelmaterial.¹¹

1895 bis 1914: Gründung einer neuen Erzeugungsstätte und Niederlassungen in München, Frankfurt, Berlin, Nürnberg und Wien.

Vor 1914: Gründung der „Terrasit-Industrie G.m.b.H.“ Terrasit unterhielt ihre Zentrale in Berlin-Grunewald. Fabrikationsstellen und Steinfabriken waren in Berlin-Halensee, Wendisch-Drehna, Dessau, Mainz, Zürich und Charkow.

1914-1919: Wenig erfolgreiche Vergabe Terranovas von Herstellungs-Lizenzen in der Türkei, Ägypten, Griechenland und Polen, um dem Abbruch der Nachfrage während des Kriegs zu begegnen. Die Lizenzvergabe trug jedoch sicherlich zur großen Verbreitung von Edelputzen bei.

1927: Gründung der „Terranova-Industrie Gesellschaft m.b.H., Wien“. Eröffnung eines neuen Fabrikationsbetriebs in Neu-Erlaa bei Wien.

Ende der zwanziger Jahre des 20. Jahrhunderts stieg die Terranova-Industrie als Verkaufsgemeinschaft „Terranova- und Steinputzwerke G. m. b. H. Düsseldorf“ mit Vertretungen in Berlin, Chemnitz, Frankfurt a. M., Kupferdreh bei Essen, Nürnberg und Tornau (Anhalt) zum Marktführer auf. Der Hersteller- und Produktname „Terranova“ wird auch heute noch als Synonym für Edelputz gehandelt, da die Firma die

⁸ Hier liegt Girndt nicht ganz richtig; Literaturrecherche wie auch die durchgeführten Untersuchungen zeigen hydraulische Kalke.

⁹ Mit Erdfarben gemischter Portlandzement in Pulverform als Malgrund für Wandmalereien. Vgl. RETTIG (1912), S. 4. Patentinhaber war F. A. Binder in Cöln, Aachenerstr. 4. Vgl. DBZ (1886), S. 525.

¹⁰ 60 Jahre Terranova. 1893-1953. Rückschau und Ausblicke auf die Technologie der Putzmörtel, Wien 1953, S. 1.

¹¹ Vgl. RETTIG (1912), S. 6. Rettig zitiert aus einer Terranova-Broschüre von 1895.

ganze Bandbreite an Farb- und Zuschlagstoffen, von kalk- bzw. zementechten Erd- und Mineralfarben bis hin zu farbigen Steinmehlen, abdeckte.

Der Begriff „farbige Trockenmörtel“ wurde 1933 mit der Herausgabe des gleichnamigen Merkblattes vom „Bund zur Förderung der Farbe im Stadtbild e. V.“ zum Gattungsnamen, unter dem Edel- und Steinputze verschiedene Werkstoffarten bilden.¹²

1.1.3 Markennamen

Edel- und Steinputze waren in den 1920er Jahren unter den verschiedensten Namen im Handel. Der Name sollte oft das beabsichtigte Erscheinungsbild implizieren. Bei SIEDLER finden sich z.B. die Markennamen Terranova, Porphyruptz¹³, Lithin, Terrasit, Dolomitedelputz, Maltalit, Granit, Kalzit¹⁴; in der Deutschen Bauzeitung 1925 Westfalia-Steinputz, Kupferdreher-Rauhputz, Rhenania-Edelputz, Grana-Dauerputz.¹⁵

GRÜNDLING nennt 1912 die als „fertige Fabrikate“ erhältliche farbige Putzmörtel Tripolith, Terranova, Lithin, Terrasit (Terrasit-Industrie-Gesellschaft, Halensee, Dessau, Mainz), Porphyruptz (Estrich-Industrie Freihung (Oberpfalz)), welche er unter dem Begriff „Neuputz“ zusammenfasst. Weiterhin nennt GRÜNDLING den sog. Dresselschen Reformputz (Hr. U. Dressel, Gera).

Weitere Markennamen wie Dolomitputz, Elbtrias, Fassalith, Kriegerol, Felsit-Porphyr, Günthers Granitputz, Novalith,¹⁶ Boasit, Bobrek-Porphyr, Caleolit, Chromolit-Porphyr, Diabasit, Kragnalith, Kieselpanzer, Kristallit, Lapillit, Leipziger Westendputz, Neolith, Opalit, Ornacit, Porphyr-Chromit, Quarcova, Saxoniaputz, Topasit, Woydahlit, Brizolit, Dolomit, Marmorit, Diara, Hydraulit, Krusta-Kristalla", Durana, Montenovio, Salith, Silin und Calcinova¹⁷, Travertina¹⁸ etc. entstanden aus immer wieder neuen, fantasievollen Wortabwandlungen von „Fassade“, „Stein“, nach den verwendeten Zuschlägen oder ihrer regionalen Herkunft.

Nicht alle Firmen hielten sich an die Vorgaben der Technischen Vorschriften für Bauleistungen (1925) bzw. der DIN 1964 und verwendeten nicht kalk- und lichtbeständige Teer- und Anilinfarben, weshalb viele der genannten Produkte recht schnell wieder vom Markt verschwanden. Die meisten Herstellerfirmen wurden Ende der 1920er Jahre zusammengeschlossen unter der Firma „Terranova- und Steinputzwerke G.m.b.H. Düsseldorf“ mit Vertretungen in Berlin, Chemnitz, Frankfurt a.M. Kupferdreh b. Essen, Nürnberg und Tornau (Anhalt), wodurch die Terranova- Industrie als Verkaufsgemeinschaft zum Marktführer aufstieg.¹⁹ Terranova wurde daraufhin weitgehend zum Synonym für Edelputz. Lediglich die Firma „Terrasit“, die sich auf die ausschließliche Verwendung von farbigen Natursteinmehlen spezialisiert hatte, war ähnlich erfolgreich wie „Terranova“.

¹² Vgl. Danzl, Thomas: "Kunstputz (Edelputz) - Kunststein (Betonwerkstein) - Kunststeinputz (Steinputz)." Die Bedeutung und Erhaltungsproblematik materialfarbiger Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts, in: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.), Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe, 2003, S. 147.

¹³ Lithin und Porphyruptz auch bei: BETTEN (1927), S. 3.

¹⁴ SIEDLER (1927), S. 19.

¹⁵ Schäfer: Moderne Putztechniken, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 70/1925, S. 552-556. Und: Heese (1938), S.165. Grana-Dauerputz wird auch nur als Granaputz oder Dauerputz bezeichnet, vgl. z.B.: Schrader, Der Putz in neuzeitlicher Verwendung, in: Deutsche Kunststein- und Zementwarenzeitung, Heft Dez.1928, S. 176f.

¹⁶ PROBST (1931), S. 101, s.v. Fassadenputz.

¹⁷ Vgl. DANZL (2003), S. 146.

¹⁸ Vgl. Beilage zur Deutschen Bauzeitung, Heft 95/1908, S. 189.

¹⁹ Vgl. PROBST (1936), S. 613, Fußnote.



Abb. 1: Historische Putzproben - Tafeln des Herstellers „Dolomitin“ in Kratzputztechnik.



Abb. 2: Probetafeln für Edelputze des Herstellers „Terranova/ Weber-Maxit“, um 2000.



Abb. 3: Werbung der Calcinova- und Zementwaren-Industrie, 1920er Jahre.

Die Hersteller der farbigen Trockenmörtel richteten ihre Produktionsorte zweckmäßigerweise an das Vorkommen der benötigten Rohmaterialien, später richteten sich die Standorte auch nach dem Absatzmarkt.

1928 war die territoriale Verteilung wie folgt:

Bayrische Oberpfalz:

- Terranova-Industrie, Freihung
- Porphy-Werke, Freihung
- Lithin-Werk, Steinfels

Rheinland:

- Terranova-Industrie, Weilerswist bei Köln
- Vereinigte Steinwerke, Kupferdreh bei Essen;

Mittel- und Norddeutschland:

- Novalith-Werke, Tornau bei Dessau (Anhalt)
- Terrasit-Industrie, Berlin
- Terrasit-Industrie, Sprendlingen
- Dolomitwerke, Dresden
- Günthers Granitputzwerk Auerbach (Vogtl.)²⁰

Der Vertrieb ging über Vertreter, welche die Ware direkt von der Fabrik erhielten und diese auf Bestellung an den Kunden weitersendeten. Des Weiteren verkauften Handlungsreisende der Edelputzfirmer selbst die Ware an die Kunden. Ausführungsgesellschaften, die teilweise nur Edelputzware bestimmter Provenienz verarbeiteten, stellten ggf. auch die Putzer etc. und zogen mit „Spezialputzerkolonnen“, wie sie vor dem 2. Weltkrieg sehr häufig zu finden waren, von Bau zu Bau.

Für die Expansion ins Ausland wurden aufgrund der hohen Transportkosten Fabrikationsstellen an Ort und Stelle errichtet. Eine Edelputzindustrie von nicht geringer Bedeutung gab es in der Tschechoslowakei und Österreich, der Schweiz, in Frankreich, Schweden und den Vereinigten Staaten von Amerika.²¹

²⁰ Vgl. KAPFERER (1928), S. 53.

²¹ Vgl. Ebenda, S. 74. Siehe auch: 60 Jahre Terranova. 1893-1953. Rückschau und Ausblicke auf die Technologie der Putzmörtel, Wien 1953, S. 3-6.

1.2 Bestandteile von Trockenmörteln

Die Herstellung von Trockenmörteln wurde durch die Erfindung des trocken gelöschten Kalks ermöglicht. Die Rezepturen der patentierten Trockenmörtel wurden weitgehend geheim gehalten. Der Baustoffliteratur ist jedoch zu entnehmen, dass die Hauptbestandteile hellfarbige Bindemittel und farbige Sande und Steinkörnungen und –mehle sind. Ferner ist bei Steinputz das Hauptbindemittel Zement, während Edelputz als Bindemittel hauptsächlich Kalk enthält.²² SIEDLER schreibt zu den Inhaltsstoffen der Edelputze: „durch besondere mineralische Zuschläge (Tonsilikate) zu den Magerungsmitteln wird der fertige Putz poriger, der erwarteten Minderung der Festigkeit wird durch mehr Bindemittel vorgebeugt.“²³

Ferner nennt SIEDLER wasserabweisende Zusätze, welche gleichzeitig eine Verschmutzung verringern sollen sowie „farbige Steinmehle oder andere kalk- und lichtechte Farben“.²⁴ Bei PROBST heißt es zur Zusammensetzung von Trockenmörteln: „Als Bindestoff kommen treibfreie Graukalke oder Fettkalke mit (zuweilen) etwas Portlandzement zur Anwendung, teilweise mit geringen Zusätzen von Schlackenmehl, Quarzmehl u.a. Als Zuschläge nimmt man neben farbigen Sanden die Körnungen und Mehle von Kalkstein, Marmor, Serpentin, Porphy, Grünstein (Diabas) u.a.; vereinzelt muss mit Farbe (reine, gute Oxydfarben oder Erdfarben mit unbedingter Lichtbeständigkeit) nachgeholfen werden. ... Die Rohstoffe müssen gebrochen, abgesiebt und meist gewaschen und getrocknet werden, jegliche Gefahr der Feuchtung vor der Verarbeitung ist fernzuhalten. Mischungsbeispiel: 1:5:10 (Zement : Kalkhydrat : Sand + Körnung + Mehl und evtl. Farbe). Zunächst wird Kalk mit Zement und Farbe gemischt, dann Sand zugetan und gemischt und danach Steinkörnung und –mehl zugetan und nochmal besonders tüchtig durchgemischt.“²⁵

Nach SIEDLER werde Steinputz hergestellt „aus sorgfältig zerkleinerten Natursteinen sowie bestimmten erprobten Bindemitteln, deren Zusammensetzung von den Erzeugern in der Regel gesetzlich geschützt ist. Dabei wird ein Härtegrad erreicht der teilweise den des Natursteines übersteigt.“²⁶

Nach PROBST wird Steinputz bereitet aus „farbigen Sanden, und griesigen Mehlen von Naturstein (wie Sandstein, Dolomit, Marmor, Muschelkalk, Granit, Basalt, Grauwacke, Travertin, Tuffe u.a.) mit hellen Natursanden und (nötigenfalls) geringem Zusatz von Zementfarbe“, welche trocken mit „gut abgelagertem, kalkarmem, möglichst hellem Zement gemischt“ werden.²⁷

Dass allein das Zusammenmischen der einzelnen Komponenten für qualitativ hochwertige Trockenmörtel nicht ausreicht, geht aus einem Aufsatz in einer Festschrift von Terranova hervor:

„Es bestehen die folgenden Möglichkeiten, um die Versteinerung von Putzmörtelschichten zu fördern:

1. Die Verwendung von "Staubhydrat" (Kalkhydrat) an Stelle von Kalkteig.
2. Die Verwendung von gebrauchsfertigen Mörtelmischungen, durch die auch ungeeignete oder ungeprüfte Rohstoffe vermieden werden können.
3. Die Zumischung reaktionsfähiger Kieselsäureverbindungen, was am einfachsten durch Zumischung eines geeigneten Zements erfolgen kann.
5. Die Vermeidung überschüssiger Mengen der Bindemittel.
4. Der Zusatz zeolithischer Gesteinskörnungen zum Sand.
6. Die sorgfältige Entfernung des Staubes aus den Rohstoffen, soweit dies technisch überhaupt möglich ist.
7. Einhaltung einer Korngrößenverteilung im Sand, die eine bestimmte Luftdurchlässigkeit der Mörtelschichten gewährleistet.

²² Erich Probst, Handbuch der Betonsteinindustrie, Halle a. Saale 1936, S. 613.

²³ Siedler, Eduard Jobst: Die Lehre vom Neuen Bauen. Ein Handbuch der Baustoffe und Bauweisen, Berlin 1932, S. 92. Und: vgl. RETTIG (1912), S. 7f.

²⁴ SIEDLER (1932), S. 92).

²⁵ PROBST (1950), S.56.

²⁶ SIEDLER (1932), S. 92.

²⁷ PROBST (1950), S.55.

8. Erhöhung der Luftdurchlässigkeit und Austrocknungsgeschwindigkeit durch wasserabweisende Porenwände.²⁸

1.2.1 Bindemittel

Als Hauptbindemittel kamen hydraulische Kalke und Zemente in unterschiedlichen Anteilen je nach gewünschter Festigkeit des Putzes zum Einsatz.

Durch die Verwendung von Zement als Bindemittel und Natursteinmaterial als Zuschlagstoff erreicht Steinputzmörtel eine Härte, die die steinmetzmäßige Bearbeitung erlaubt.

Der zumeist silbergraue bis grüngraue Portlandzement reichte meist für die Herstellung von Steinputzen aus, da bei diesen meist nicht so eine leuchtende Farbwirkung benötigt wurde, wie sie bei den Edelputzen erwünscht war. Um die Farbintensität etwas zu steigern, konnte eine Zumischung von bis zu 50% Marmormehl erfolgen. Überwiegend verwendete man jedoch eisenoxidarmen, fast weißen Portlandzement, der anfangs aus dem Ausland bezogen werden musste. Weißer Portlandzement war ca. ab 1926 auf dem deutschen Markt erhältlich; erwähnt wird die „Stettiner Portlandzementfabrik Stern“²⁹; ab 1931 stellte Dyckerhoff weißen Portlandzement unter der Marke „Dyckerhoff Weiß“ her. Versuche zur Herstellung weißer, hydraulischer Bindemittel reicht jedoch mindestens 30 Jahre zurück. Die dabei entwickelten Bindemittel hatten jedoch oft nicht die gleichen positiven Eigenschaften wie Portlandzement.

Auch Hüttenzemente, wie Eisenportlandzement und Hochofenzement, kamen wegen ihrer hohen Mahlfineinheit mit Portlandzement bzw. hydraulischen Kalken in gleichen Teilen zur Anwendung. Auch hier wurden lichtgraue, hellgelbliche oder fast weiße Modifizierungen bevorzugt.

Natürliche hydraulische Kalke mit hellgelblicher, gräulicher bis rötlichbrauner Färbung dienten nicht nur als Bindemittel vor allem für Edelputze, sondern trugen auch gleichzeitig ihren Anteil zur Farbgebung bei. In Folge der Einführung besonders poröser mineralischer Zuschläge (tonsilikathaltige Sande) und von Hydrophobierungszusätzen, die die Festigkeit des Putzes herabsenkten, musste die Bindekraft erhöht werden. Dies erzielte man durch die Beigabe von hochhydraulischen Kalken mit natürlichen oder künstlichen hydraulischen Zuschlägen (z.B. Puzzolanen, Schlackenzementen) in gelblichen und sandfarbenen Ausführungen.³⁰

1.2.2 Farben / Pigmente

Während die Firma Terranova neben der Verwendung farbiger Steinmehle den Einsatz farbverstärkender Pigmente mit der Tatsache, dass die Farbe der Zuschläge auf Metalloxiden beruhe, während die Firma Terrasit betonte, dass die Färbung ausschließlich auf Hinzufügen farbiger Steinmehle beruhe.³¹

Neben den eingesetzten Bindemitteln, die auch schon die Färbung grundlegend beeinflussten, dienten bis in die erste Vorkriegszeit hauptsächlich Natursteinmehle, die ihre Eigenfarbigkeit aufgrund von Metalloxiden haben, als Farbmittel. Aber auch Zusätze von Ziegel, Schiefer, Kreide, Eisenstein, Schlacke, Ziegelschmolz, Glas und Porzellan in fein gemahlener Form wirkten als farbgebende Komponenten im Putzmörtel.³²

Probst nennt „zur Selbsterstellung farbiger Putzmörtel auf der Baustelle .. „hochhydraulische, lichtechte, wasserabweisende bunte Edelputzkalke in verschiedenen Tönungen“ welche mit „normalfarbigen, nicht lehmhaltigen Maurerputzsand gemischt werden.“³³ Diese „Edelputzkalke“ waren vermutlich speziell

²⁸ Vgl. 60 Jahre Terranova. 1893-1953. Rückschau und Ausblicke auf die Technologie der Putzmörtel, Wien 1953, S. 65f.

²⁹ Vgl. KREMSER (1926), S. 967. Und: Weißer Zement, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 2/1926, S. 2.

³⁰ Vgl. DANZL (2003), S. 151f.

³¹ Vgl. RETTIG (1912), S. 6f.

³² Vgl. PROBST (1936), S. 564.

³³ PROBST (1936), S. 613.

hergestellte Kalke mit Zusatz von „Hydrauliten“, wodurch die Wetterbeständigkeit des Kalkmörtels gesteigert und die Riss- und Ausschlagbildung vermindert werden sollten.³⁴

Neben farbigen Sanden und Mineralmehlen wurden jedoch auch Pigmente zugesetzt. Als „vollkommen kalk- und lichtecht“ bezeichnen LADE/WINKLER³⁵ die folgenden Erd- und Mineralfarben:

Blau: Ultramarinblau Nr. 55

Grün: Chromoxidgrün R, Zementgrün (Chromoxydhydratgrün Nr. 1027)

Gelb: Ferringelb (Oxydgelb Nr. 3031), Neapelgelbzitron Nr. 1027

Rot: Oxydrot BK III.

Als „nicht ganz so gut, aber an Fassade noch verwendbar“ nennen LADE/WINKLER für

gelbe Farbtöne: sämtliche Ockersorten (hell, dunkel und gebrannter Ocker)

rote Farbtöne: Roter Bolus, Spanischrot (beides Erdfarben)

grüne Farbtöne: Grüne Erde (Erdfarbe),

braune Farbtöne: Umbra und Manganbraun (beides Erdfarben),

violette Farbtöne: Ultramarinviolett (künstl. Mineralfarbe)

schwarze Farbtöne: Manganswarz (Erdfarbe), Eisenoxydschwarz (künstl. Mineralfarbe)³⁶

Um die Festigkeit des einzufärbenden Gefüges nicht zu stark herabzusetzen, sind bestimmte maximale Mengen bei der Zugabe von Pigmenten zu beachten. Der Einfluss der Pigmente auf die Festigkeit des Zements wurde bereits im Jahre 1882 von RUDOLF DYCKERHOFF in einem Artikel der Deutschen Bauzeitung erörtert. Darin schrieb er, dass durch die Zugabe von Ultramarinfarben die Festigkeit erhöht und bei den übrigen anderen Zementfarben die Festigkeit verringert werde. Um trotzdem normale Zementfestigkeiten zu erreichen, empfahl DYCKERHOFF das erneute Vermahlen des Zements nach der Pigmentbeimischung. Um die im „Handel gewöhnlich verlangten Nuancen zu erzielen“ nennt DYCKERHOFF für Schwarz die Beimischung von 12% Braunstein, für Rot die Zugabe von 6% Caput Mortuum, für Grün 6% Ultramaringrün, für Blau 5% Ultramarinblau und für Gelb und Braun 6% Ocker.³⁷

Die folgenden lichtechten, alkalibeständigen, relativ preiswerten Pigmente fanden ebenfalls Erwähnung:

- Weiß: Lithopone (Grünsiegel mit mind. 35 % Zinksulfid); Farbigkeit auch durch weißen Portlandzement³⁸
- Schwarz: Frankfurter Schwarz, Beinschwarz (Knochenkohle), Ruß, Graphit, Manganswarz³⁹
- Rot: alle gebrannten Ockerfarben, gebrannte Terra di Siena, rote Eisenoxidfarben,⁴⁰
- Grün: Grünerde, Chromoxidgrün⁴¹
- Blau: Ultramarinblau⁴²
- Braun: rohe und ungebrannte Umbra, Manganbraun, gebrannte Grünerde⁴³

³⁴ Vgl. PROBST (1936), S. 166. Und. Ders., (1931), S. 150, s.v. Hydraulit. Hier wird zur Herstellung eines farbigen Fassadenputzes ein Mischungsverhältnis von 1:1:6 (Hydraulit:gut steifem Weißkalkteig:reinem Sand) angegeben.

³⁵ LADE/WINKLER (1952), S. 57. Die Bedeutung der Zahlen-/Buchstabenkombination ist nicht bekannt.

³⁶ LADE/WINKLER (1952), S. 57. Zu Zementfarben s. auch: Probst, Erich: Handbuch der Betonsteinindustrie, Halle a.S. 4 1936, S. 107 und 113ff.

³⁷ DYCKERHOFF (1882), S. 98.

³⁸ Welche Farben sind als Zementfarben verwendbar?, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 1+2/1926, S. 1-2. Hier ist als Zugabemenge 15 Vol-% angegeben, gemeint ist vermutl. Das Verhältnis zur Bindemittelmenge. Im Allgemeinen wird jedoch empfohlen, nicht mehr als 5 Gew.-% des Bindemittelanteils zu verwenden.

³⁹ Ebenda. Zur Verwendung von Manganswarz wird angemerkt, dass dieses bei weitem nicht die gleiche Färbekraft wie Lampenruß oder Graphit habe, von welchem nur 15-20 Vol-% benötigt würden, jedoch auch verwendbar wäre, da ein größerer Zusatz die Bindekraft des Zements nicht herabsetze.

⁴⁰ Ebenda.

⁴¹ Ebenda, jedoch wird hier Chromoxidgrün abgelehnt, da es keine Zementfarbe sei.

⁴² Ebenda. Kobaltblau sei zwar ebenfalls geeignet, es sei jedoch das qualitativ bessere Ultramarin vorzuziehen.

⁴³ KREMSER (1926), S. 967.

- Violett: Manganviolett⁴⁴
- Gelb: alle natürlichen ockerfarben⁴⁵

Die Angaben in einer Patentschrift zeigen, dass das Ergebnis eines Edelputzmörtels nicht nur von der Wahl des Pigments, sondern auch vom Verfahren des Zusatzes abhängig gemacht wurde. So sollte z.B. die „bleichende Einwirkung des Kalkes auf mineralische Farbstoffe“ beseitigt werden, indem die „Färbemittel mit dem gelöschten Kalke so innig vermahlen [werden] dass ein durchgreifender Aufschluss der Silikate, Tone, Toneisensilikate u. dgl. Bestandteile der Färbemittel erfolgt“. Durch den Zusatz von Sand mit einem hohen Gehalt an löslicher Kieselsäure (Trasssand), sollte die Wirkung noch erhöht werden.⁴⁶

Die Farbgebung erfolgte zusätzlich über Gesteinszuschläge in feiner, mittlerer und grober Körnung, wie im nächsten Abschnitt benannt.

Die Farbe des Steinputzes wird durch Hinzumischen von farbigen Sanden und Natursteinmehlen sowie verschiedenen Zementfarben beeinflusst.⁴⁷ Übliche Farben für Steinputz waren Rot, Grau, Grün und Ocker. Da an Zementfarben noch höhere Anforderungen als an Kalkfarben gestellt werden - sie müssen wetterbeständig und lichtecht sein und dürfen von alkalischen Stoffen nicht angegriffen werden- kommen hierfür nur wenige in Frage. Lade/Winkler⁴⁸ nennen als einzige geeignete Farben Neapelgelb, Oxydgelb, natürlichen und gebrannten Ocker, Eisenoxydrot, Roter Bolus, Eisenmennige, Marsrot, Persischrot, Malagarot, Ultramarinbraun, Mangan- und Eisenoxydschwarz, Permanentgrün, Chromoxydgrün und Chromoxydhydratgrün. Als Steinzuschläge kommen nach Lade/Winkler⁴⁹ in Betracht: verschiedene Marmorarten, Kalksteine, Granit, Porphy und Serpentine. Für eine blaugraue bis schwarze Mischung kamen so z.B. schwarze Serpentin-, Marmor- und Granitkörnungen, Manganschwarz und Schieferblau zur Anwendung.⁵⁰

1.2.3 Zuschläge

Die Zuschläge übernahmen als Magerungsmittel etwa 70-80% des Gewichtes der Fertigmörtelmischungen. Als Zuschläge kamen kristalline, industriell zerkleinerte und aufbereitete Gesteinsarten in Sand- oder Kiesform zum Einsatz. Bevorzugt wurden schleif- und polierfähige Varietäten mit klaren Farben, die nicht zu Hau- oder Werksteinen verarbeitet werden können. Das gebrochene, zerkleinerte, gesiebte und gewaschene Natursteinmaterial bezeichnet man als Klarschlag. In der Regel existierten acht Korngrößen, von sog. Steinsand (bis 0,5mm) bis grobstückig (bis 14mm).

Als geeignet zeigten sich einerseits kieselsaure Verbindungen, wie Quarz, Kieselgur und Feuerstein, andererseits kohlen saure Verbindungen, wie Carbonatgesteine, kohlen saurer Kalk und Dolomit. Tuff, Travertin und Muschelkalk werden genannt.⁵¹ Besondere Farb- und Glanzeffekte kamen durch Eruptiv- und Silikatgesteine, wie Granit, Porphy, Basalt und kristallinen Schiefer in Form von Glimmer (Glimmersand, Wildsteinglimmer, blauer Eisenglimmer, Mikaglimmer) zustande. Zur Erzielung bestimmter Farbigkeiten wurden z.B. folgende Gesteinsarten eingesetzt.

- weiß: Marmor, Jura-Kalkstein, Quarz
- schwarz: Serpentin, Basaltlava, Schiefer, einige Kalksteine

⁴⁴ KREMSE (1926), S. 967. Und: Welche Farben sind als Zementfarben verwendbar?, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 1+2/1926, S. 1-2.

⁴⁵ Ebd.

⁴⁶ Österreichische Patentschrift Nr. 91902, Fa. Gerhard Herfeldt in Andernach (Deutsches Reich), Verfahren zur Herstellung wetterfester Putzmörtel, angemeldet am 13. September 1918 - Beginn der Patentdauer: 15. September 1922

⁴⁷ Vgl. PROBST (1930), S. 601f. und 611f.

⁴⁸ Karl Lade, Adolf Winkler, Putz Stuck Rabitz, Stuttgart 1954, Nachdruck 1993, S. 58.

⁴⁹ Ebd. S. 143.

⁵⁰ PROBST (1930), S. 601f. und 611f.

⁵¹ Vgl. SCHÄFER (1925), S. 552-556.

- rot: Granit, Porphy, Keratophyr, einige Kalksteine, Marmore und Sandsteine
- grün: Diabas, Serpentin, einige Sandsteine, Fruchtschiefer, Diorit, Syenit
- blau: Kösseine-Granit, Dachschiefer
- gelb: Travertin, Bandmarmor, Treuchtlinger Marmor

Da zu Beginn des 20. Jahrhunderts Terrazzo- und Betonwerkstein sehr verbreitet waren, gab es eine heute nicht mehr in diesem Ausmaß existente, enorm breitgefächerte Auswahl an aufbereiteten farbgebenden Natursteinmaterialien.

Neben den „normalen Magerungsmitteln“ setzte die Firma Terranova den Putzen poröse mineralische Zuschläge zu. Es werden hier „tonsilikathaltige, teilweise poröse Kiese und Sande, durch besondere Methoden von störenden Beimengungen gereinigt“, genannt.⁵² Ein Patent für Terranova beschreibt in Zusammenhang mit der Verbesserung der Luftdurchlässigkeit den Zusatz von „porösen, wassersaugenden Mineralien“, die als „die bei der Kaolinwäsche abfallenden und halb verwitterten Feldspattrümmer führenden Rückstände“ bezeichnet werden.⁵³

1.2.4 Zusätze

Die seit dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts anlaufenden Forschungen auf dem Gebiet der Kolloidalchemie erbrachten 1910 die Entwicklung eines Hydrophobierungsmittels, des sog. „Ceresits“, der Wunnerschen Bitumenwerke in Unna (Westfalen).⁵⁴ Das „Ceresit“ wurde dem Trockenmörtel in feinst kolloidaler Form beigemischt und sollte dessen Farbe, Güte und Abbindeverhalten in keiner Weise beeinflussen. Die Konzentration des Hydrophobierungszusatzes wurde so eingestellt, dass zwar Benetzbarkeit und Atmungsaktivität des Putzes erhalten blieben, jedoch Ruß- und Staubablagerungen aufgrund der verringerten Saugfähigkeit weniger Aufnahmefläche fanden und somit auch die Farbintensität der Putzes länger erhalten blieb.

In den zwanziger und dreißiger Jahren erfuhren die Produktionsmethoden und Materialien weitere Verbesserungen. Zumeist bestand die Basis der Hydrophobierungsmittel auf einer Bitumen-Emulsion oder fettsauren Alkalien und Seifen (z.B. Kalk-, Wasserglas-, Aluminiumseifen). Bekannte sog. „Dichtungsmittel“ waren die bituminösen, z.T. auch wässrigen Produkte Preolith, Sika, Tricosal und Bedimit⁵⁵, Densin, Heimalol, Membranit, Servas.⁵⁶

Dem Putzmörtel hinzugesetzte Fettstoffe, gemeint sind dabei Öle und Fette, sollten zur Erhöhung der Luftdurchlässigkeit von Putzflächen beitragen. 1911 ließ sich Carl August Kapferer, Gründer von Terranova, ein Verfahren patentieren, mit welchem die Oberfläche eines „mit einem Fettstoff versetzten Mörtel hergestellten“ Putzes nachträglich aufgeraut wird. Die Luftdurchlässigkeit der Putzfläche sollte dabei „unverhältnismäßig viel größer [sein] als bei einem in gleicher Weise bearbeiteten Putz, der ohne Fettzusatz hergestellt ist.“⁵⁷

⁵² RETTIG (1912), S.

⁵³ Österreichische Patentschrift Nr. 12432, Firma C.A. Kapferer & Schleuning in München. Poröser Cementmörtel, angemeldet am 10. April 1900 - Beginn der Patentdauer: 15. Dezember 1902.

Hierbei handelt es sich offenbar um Zementmörtel, jedoch konnten in den Materialanalysen Feldspatanteile nachgewiesen werden. Ob diese als Zusatz oder als natürliche Beimischung der Sande hinzugefügt wurden, ist jedoch geklärt.

⁵⁴ Vgl. PROBST (1936) S. 160 und S. 613.

⁵⁵ Zementverlag (Hrsg.), Zementfarben (Zementverarbeitung Heft 27), Berlin 1931, S. 4., zit. n. DANZL (2003), S.

⁵⁶ STEGEMANN (1941), S. 808, s.v. Schlämmputz.

⁵⁷ Eidgen. Amt für geistiges Eigentum, Patentschrift Nr. 59344, Carl August Kapferer, Elbart (Bayern, Deutschland), Verfahren zur Erhöhung der Luftdurchlässigkeit von Putzflächen, 29. August 1911. Die entsprechenden Werkzeuge zum Bearbeiten von Putzflächen wurden ebenfalls patentiert. Vgl. z.B. Reichspatentamt, Patentschrift Nr. 507966, Dipl.-Ing. Carl Kapferer in Elbart, Oberpfalz, Werkzeug zum bearbeiten von Putzflächen, 11. September 1930.

Terranova ließ sich 1910 die „wasserabweisende Terranova D.R.P.“ patentieren.⁵⁸ Wasserabweisende Zusätze wurden wiederum von Terrasit abgelehnt.⁵⁹

1.2.5 Moderne Edelputzsysteme

Mit der Etablierung der Polymerindustrie im Bauwesen nach dem Zweiten Weltkrieg begann auch die Anwendung eigenschaftsmodifizierender Mörtelzusätze in den Edelputz-Rezepturen. So erleichtern und verbessern zum Beispiel Fließmittel oder Abbindeverzögerer die maschinelle Verarbeitbarkeit und lassen weitere Anwendungsformen zu.⁶⁰ Heutzutage werden alle gängigen Edelputze organisch vergütet oder modifiziert.⁶¹ Neben den mineralischen Bindemitteln werden als Haftstoff und Zusatzbindemittel oft redispergierte Kunststoffpulver eingesetzt. Als Bindemittel kommen neben Kalkhydrat, hydraulischem Kalk und Zement auch Dispersions-Silicatbindemittel und Kustharzdispersionen zum Einsatz.⁶² Die Zusätze sind nötig, weil die heute angebotenen Edelputze vor allem als Beschichtung von Wärmedämmverbundsystemen und Wärmedämmputzsystemen verwendet werden, für die Nachstellung historischer Edelputze oder als Ergänzungsputz sind sie jedoch nicht geeignet. Die physikalischen und auch optischen Eigenschaften weichen von den historischen Edelputzen deutlich ab. Heutige Edelputzhersteller empfehlen zudem das Aufbringen eines Egalisationsanstrichs nach dem Verputzen, um eventuelle optische Unregelmäßigkeiten, Wolkigkeit, oder sichtbare Ansetze auszugleichen. Bei diesen Anstrichen handelt es sich um organisch gebundene, vergütete, silikatische Fassadenfarben auf Kaliwasserglasbasis⁶³ Das ästhetisch einzigartige Erscheinungsbild der Edelputze geht jedoch damit weitgehend verloren, da es die kristalline Tiefenwirkung aufhebt. Die natürlichen und erwünschten Bewitterungserscheinungen wie z.B. das Sichtbarwerden des Strukturkorns, werden zudem verzögert.

Die Beschichtungsstoffe müssen in ihren technischen Eigenschaften auf den Edelputz abgestimmt sein – sie dürfen z.B. die Wasserdampfdiffusionseigenschaften des Putzes nicht beeinträchtigen.

⁵⁸ 60 Jahre Terranova. 1893-1953, o.O. [Wien?] 1953, S.3.

⁵⁹ Terrasit-Industrie, Berlin 1914, S. 15.

⁶⁰ Vgl. SPIRO, ANNETTE / GÖHLER, HARTMUT: ÜBER PUTZ. OBERFLÄCHEN ENTWICKELN UND REALISIEREN, HRSG. VON PINAR GÖNÜL, ZÜRICH 2012, S.218.

⁶¹ Vgl. Frössel, Frank: Handbuch Putz und Stuck. Herstellung, Beschichtung und Sanierung für Neu- und Altbau, München 2003, S.113.

⁶² Vgl. Schönburg, Kurt: Beschichtungstechniken heute. Nachhaltiges Instandsetzen und Instandhalten von Bauwerksoberflächen, Korrosionsschutz, Holzschutz, hrsg. von Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin 2005, S.124.

⁶³ Zusatzstoffe für das Produkt weber.ton 414 lt. Angabe Fa. Weber-Maxit, <http://www.sg-weber.de/fassade-wand/weber-guide/produkte/farben/weberton-414.html>, Stand 25.2.1011.

1.3 Ausführung von Edelputzen

- *Auszug aus Karl Lade, Adolf Winkler: Die Putzarbeiten, Stuttgart 1936, S.30 f.*⁶⁴

Edelputz hat stets einen Unterputz zu erhalten, der ein Kalk-Zement- oder ein reiner Zementputz sein kann und unter allen Umständen ausschlagfrei sein muss. [...] Als Unterputz bewährt sich am besten verlängerter Zementmörtel unter Verwendung von bestem, nicht ausblühendem Portlandzement in der Mischung 1:1:6, d. h. 1 Raumteil Portlandzement, 1 Raumteil nichttreibender, gut eingesumpfter Weißkalk und 6 Raumteile lehmfreien, scharfkörnigen Sand. An Stelle von Zement kann auch Sackkalk bester Qualität, der frei von ungelöschten Teilchen sein muss, verwendet werden.

Der Unterputz ist auf kräftig genässtes Mauerwerk etwa 20 mm stark aufzutragen und mit der Richtlatte abzuziehen. Er muss rau sein, darf also unter keinen Umständen glattgeschiebt werden. Für Spritzputz dagegen ist es notwendig, dass er glatt abgerieben wird.

Vor dem Auftragen des Oberputzes muss der Unterputz genügend erhärtet sein, infolge der damit zusammenhängenden Austrocknung ist es notwendig, dass der Unterputz wieder gut, d. h. durch und durch angenässt wird. Das Auftragen des Oberputzes erfolgt genau wie beim Kalkputz mittels Kelle und Reibebrett, je nach der Behandlung der Oberfläche. Sichtbare Ansätze werden dadurch vermieden, dass die Putzfläche des vorhergehenden Tages glatt abgeschnitten, überstehendes abgekratzt und dann genau an die Schnittlinie angeputzt wird, ohne den früheren Putz zu berühren. Wenn möglich, ist die ganze Putzfläche in einem Zuge auszuführen. Bei Glattputz sind die Ansatzstellen mit der nassen, in reines Wasser getauchten Filzscheibe zu verwaschen und nachher gut abzukehren. Das Abkehren der Putzfläche mit weichem Borsten-Handbesen ist bei allen Stock- und Kratzputzen dringend nötig, damit sandiger Anflug nicht mit der Fläche abbindet und ein wolkiges Auf trocken hervorruft. Um keine sichtbaren Gerüstflecken und Ansätze zu erhalten, ist das Gerüst freistehend aufzubauen, damit durchgeputzt und bei steinmetzmäßiger Bearbeitung die Fläche zusammenhängend überarbeitet werden kann. Das dunklere Auftrocknen nachträglich geschlossener Mauerlöcher lässt sich durch Verwendung trockener Steine verhindern.

Flickstellen sind unbedingt zu vermeiden, deshalb müssen vor Beginn der Putzarbeiten Tür- und Fensterrahmen eingesetzt, Ladenkloben, Rohrschellen usw. sowie etwaige Zinkabdeckungen an Fenstern und Türen fertig angebracht sein. Bei nachträglicher Überarbeitung ist es wichtig, den richtigen Zeitpunkt hierfür zu treffen, weil die zu erzielende Putzwirkung wesentlich von der Mörtelfestigkeit abhängt. Mit dem Kratzen soll im Allgemeinen begonnen werden, wenn die Sandkörner ausspringen und an der Ziehklinge kein Material mehr haften bleibt. Das Kratzen darf nicht mit Unterbrechung, sondern muss in der ganzen Fläche auf einmal geschehen, weil sonst Farbunterschiede im Putz auftreten.

Dringend zu warnen ist vor der Wiederverwendung des beim Kratzen fallenden Materials, die Werke lehnen in dieser Hinsicht bei etwa auftretenden Mängeln jede Haftpflicht ab. Bei Frostwetter ist größte Vorsicht am Platze. Solange noch Frost im Mauerwerk sitzt, dürfen Putzarbeiten nicht ausgeführt werden, weil die Gefahr besteht, dass sich später die einzelnen Putzschichten lösen und abfallen.

In heißer Jahreszeit ist der Unterputz so lange mit Wasser zu tränken, bis er vollständig gesättigt ist. Auch der Oberputz ist gut nass zu halten. An sehr heißen Tagen sollte überhaupt nicht geputzt werden, weil es immer schwierig sein wird, die Sonnenhitze genügend von Putz und Mörtel abzuhalten. Der Edelputz-Mörtel wird, nachdem das Material mit klarem Wasser angemacht und gut durchgerührt ist, mit der Kelle und dem Reibebrett auf den genügend abgeputzten rauhen Unterputz durch gleichmäßiges Anwerfen aufgetragen und mit dem Reibebrett gründlich verrieben, damit eine gute Verbindung innerhalb des Materials sowie mit dem Unterputz erzielt wird.

⁶⁴ Rechtschreibung angepasst.

1.3.1 Anwendungstechniken

Der Farbigeit und dem Bindemittel-Zuschlagverhältnis des verwendeten Mörtels wird die Wirkung einer Edelputz- Fläche entscheidend durch die Technik geprägt, mit der die Mörtelmasse aufgebracht und nach Bedarf weiter bearbeitet wurde. Die dadurch geschaffene Oberflächenstruktur kann sich zwischen glatt und eben, bis hin zu bewegt und stark reliefiert bewegen. Neben der ästhetischen Frage bestimmt die Anwendungstechnik auch die Wirtschaftlichkeit und Haltbarkeit der Putzfläche, welche sich aus den Herstellungskosten und der Beständigkeit bzw. dem Pflegeaufwand ergeben. So haben sich in der Vergangenheit bestimmte Putztechniken gegenüber anderen mehr durchgesetzt und werden auch heute noch angewendet, während andere fast vollständig aus dem Stadtbild verschwunden sind. Terranova empfahl für die Edelputzmörtel vor allem verschiedene Kratzputztechniken mit unterschiedlichen Körnungen, welche auch unter der Bezeichnung „gestockter Putz“ verbreitet waren, Münchner Rauputz, Kellenwurfputz, Kammputz, Spritzputz bzw. Besenwurfputz und Nesterputz, des Weiteren Quaderputz und Sgraffito. Für jede Ausführungstechnik wurden spezielle, für den jeweiligen Zweck besonders gut geeignete Mischungen angeboten, so auch Steinputz und Grana-Waschputz sowie Fugenputz.⁶⁵ Bei Terrasit finden sich ähnlich vielfältige Hinweise auf gestockten Putz, Besenspritzputz, verriebenen Putz, Messelputz, Steinputz, Bossenputz, Terrasit-Waschputz und Sgraffito.⁶⁶

Einen Überblick über die Vielfalt der möglichen Oberflächen gibt die 1927 zusammengestellte Broschüre „Terranova und K Steinputz“ mit einem Vorwort von Peter Behrens, in der 32 Verarbeitungstechniken für Edel- und Steinputz vorgestellt werden.



Abb. 4: Deckblatt der Broschüre „Terranova und K Steinputz. 32 Verarbeitungstechniken“

Die Verarbeitungstechniken von Edelputzflächen werden in der Fachliteratur teils abweichend, unvollständig oder uneinheitlich beschrieben. Zum weiteren Verständnis erfolgt deshalb eine Katalogisierung der Techniken. Da dieser Katalog im Kontext Edelputz entsteht, sollen hier vor allem

⁶⁵ Vgl. Terranova DRP (Hrsg.): Wetterfester, farbiger Trockenmörtel für dekorative Putz-, Zieh- und plastische Arbeiten, Freihung u.a., Broschüre 1914.

⁶⁶ Vgl. Terrasit-Industrie, Berlin 1914.

diejenigen Techniken aufgeführt werden, die auch mit dieser Materialität umsetzbar sind bzw. im Zeitkontext Anwendung fanden. Typische Steinputz-Techniken, wie die diversen steinmetzmäßigen Bearbeitungen der Steinputzflächen oder die Waschputztechnik sollen hier nur kurz zusammengefasst behandelt werden.

Die Art der Realisierung der Putzfläche sowie die Wahl der Putzwerkzeuge bestimmen häufig die Namensgebung eines Putzes.⁶⁷ Geringe Unterschiede in der Oberflächenwirkung von Putzbeständen sind häufig auch nur auf die Handschrift des Handwerkers zurückzuführen und stellen nicht immer gleich eine neue Putztechnik dar. Die häufigsten und grundlegenden Techniken, wie beispielsweise der Kratz- oder der Spritzputz sind in der Regel einheitlich benannt oder selbst bei Umschreibungen einwandfrei zuzuordnen. Jedoch kann natürlich allein eine Fassade in Spritzputztechnik über verschiedene Art und Weisen erzeugt werden. So entscheidet das zum Antragen genutzte Werkzeug (z.B. Besen, Löffel, Torkret, usw.) über die Benennung der Putzfläche als Besenspritz-, Löffelspritz- oder Torkretputz. Zusätzlich erfolgt die Benennung einer Putztechnik auch regional unterschiedlich.⁶⁸

In der Regel können aber die Techniken bezüglich der markanten Arbeitsschritte im Herstellungsprozess differenziert werden. Nach dem Antragen des Mörtels mittels verschiedener Werkzeuge (z.B. Spritzputzapparat, Kelle, etc.) entscheidet die Putztechnik, ob die Masse in diesem Zustand belassen (z.B. beim Kellenwurfputz) oder weiter bearbeitet wird (z.B. beim Kammzugputz). Die charakteristischen Oberflächenstrukturen diverser Putztechniken entstehen einerseits dadurch, wie die speziell geformten Kellen oder anderen Werkzeuge direkt nach dem Antragen der Masse in den Putz gedrückt, gestochen oder gezogen werden. So entstehen unterschiedlichste Gestaltungstechniken, wie der Besenstippputz oder auch der eingedruckte Draufelstich. Die Fläche kann in diesem Moment auch großflächig gezogen oder abgerappt, also mit dem Kellenrand abgezogen, werden. Auf diese Weise kann eine Fläche einerseits begradigt, andererseits aber auch strukturell gestaltet werden. Sind einzelne, gröbere Zuschlagskörner in der Mörtelmasse vorhanden, werden diese bei den Ziehbewegungen mitgeschleppt und hinterlassen strukturierende Spuren in der Oberfläche, die charakteristisch für den Schleppputz sind. Wird die Putzfläche mit Hilfe eines Reibebrettes glatt gerieben, entstehen hier auch bei einzeln grobem Zuschlagsanteil Schlierenspuren in der Oberfläche, die z.B. den Münchner Rauputz auszeichnen. Bei feinem Zuschlagskorn entstehen dagegen glatte, ebene Oberflächen, wie bei dem sog. Reibe- bzw. Glattputz. Wird eine angetragene Putzfläche für ca. 12-36 Stunden stehen gelassen, verliert sie ihre Schlierigkeit⁶⁹ und bildet eine erste Sinterhaut-Schicht. Diese kann mit verschiedenen Werkzeugen, wie einem Putzigel oder einer Stahlnagelkartätsche, flächendeckend abgekratzt werden, so dass eine Freilegung der kristallinen Struktur der Zuschlagsstoffe erfolgt. So entsteht der sog. Kratzputz.

Die aufgeführten Putztechniken wurden und werden heute noch individuell kombiniert und können so in einzelnen Fällen fließend ineinander übergehen. Daher soll nur auf häufigere Anwendungskombinationen, die in der Literatur vorkommen mit zusätzlichen Verweisen zwischen den Techniken hingewiesen werden. Da Edelputze auch für das Ausfugen von Ziegel- und Werksteinfassaden bis hin zu künstlerischen Techniken, wie dem Sgraffito oder zum Modellieren plastischer dekorativer Elemente, genutzt wurden, sollen diese auch aufgeführt und zum Bestand in Bezug gesetzt werden.

Katalogisiert wurden jedoch nicht nur die bei Edelputzen angewendeten Techniken, sondern die allgemein bei Fassadenputzen möglichen Gestaltungen.

⁶⁷ Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 15.

⁶⁸ Münchner Rauputz wird beispielsweise in Tirol „Münchner Schieber“, in Oberösterreich „Münchner Rauputz“ oder einfach nur „Schieber“ und im Burgenland „Stesser“ genannt; schriftliche Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

⁶⁹ Vgl. Terranova-Industrie (Hrsg.), S. 19.



Grafik 1: Putztechniken für die Oberflächengestaltung von Edel- und Steinputzen

1.3.2 Putztechniken ohne weitere Bearbeitung nach dem Aufbringen des Mörtels

1.3.2.1 Spritzputz

- *Name und Synonyme*

Spritzputz⁷⁰, Spritzmörtelbewurf, in einigen Gegenden auch Raffputz⁷¹, Besensspritzputz⁷², Besenwurfputz⁷³, Siebspritzputz⁷⁴, Torkretputz⁷⁵, Wormserputz⁷⁶, Wormserwurf⁷⁷ oder Leierspritzputz⁷⁸
→ zu *Kellenspritzputz* siehe „*Kellenspritzputz*“

- *Putztechnik*

Bei der Spritzputztechnik handelt es sich um eine Oberflächengestaltung, bei der der Mörtel für den Oberputz, dünnflüssig oder breiig gehalten, mittels verschiedener Werkzeuge auf den Unterputz gespritzt wird. Der Unterputz sollte besonders eben und gut abgebunden sein. Der Hersteller Terranova empfiehlt für diese Technik eine nicht aufgeraute, sondern lediglich zusammengeriebene Unterputzfläche⁷⁹. Die Auftragsstärke des Oberputzes beläuft sich auf ca. 2- 4 mm. Neben der Wahl des Werkzeuges, die auch meist zu der Namensgebung, wie Besen-, Sieb-, Leier- oder Torkretspritzputz führt, sind auch die Anzahl der Aufträge, die Wahl der Sandkörnung und die Konsistenz des angemachten Materials ausschlaggebend für die Oberflächenwirkung. So wird sie dementsprechend feiner oder gröber, gleichmäßiger oder bewegter. Eine gleichmäßige Oberfläche und die notwendige Dicke lassen sich in der Regel nur erreichen, wenn in drei Lagen gespritzt wird⁸⁰. Dabei darf nicht zu nass oder zu trocken und innerhalb einer Anstragschicht nicht wiederholt auf dieselbe Stelle gespritzt werden.⁸¹ Da der Putzauftrag hier je nach Bedarf recht dünn erfolgt, schnell von der Hand geht und nicht nachbehandelt werden muss, handelt es sich um eine sehr kostengünstige, aber auch weniger haltbare Technik.⁸² Sie ist besonders während der Phase des Abbindens besonders witterungsempfindlich und sollte z.B. während zu hoher Temperaturen nicht ausgeführt werden.⁸³ Der Vermerk seitens Köckeritz⁸⁴, die Spritzputztechnik solle einen feinkörnigen Kratzputz vortäuschen, könnte in einzelnen Fällen stimmen. Die fehlende, aufgerissene-kristalline Struktur fehlt den Spritzputzen jedoch und ihre leicht tropfenförmige Faktur lässt bei genauerem Hinsehen kaum Verwechslungsmöglichkeiten zu. Bei dem modernen, zementhaltigen Spritzbewurf zur Haftungssteigerung späterer Putzlagen handelt es sich nicht um die hier beschriebene, gleich klingende Oberputztechnik.⁸⁵ Die verschiedenen Spritzputztechniken sollen nun noch einmal kurz differenziert werden.

⁷⁰ Vgl. Behringer, Anton Kaspar / Ruetz, Magnus: Neuzzeitliche Putzarbeiten - Innen und Außen, Ravensburg 1968, S. 59.

⁷¹ Vgl. Bohnagen, Alfred: Der Stukkateur und Gipser, Leipzig 1914, Reprint 1997, S. 186.

⁷² Vgl. Siedler, Eduard Jobst: Baustofflehre. Ein Handbuch der Baustoffe und ihrer Verwendung, Berlin 1951, S. 123.

⁷³ Vgl. Dettmering, Tanja / Kollmann, Helmut: Putze in Bausanierung und Denkmalpflege, Berlin 2001, S. 87.

⁷⁴ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

⁷⁵ Vgl. Schönburg, Kurt: Historische Beschichtungstechniken. Erhalten, Bewerten und Anwenden, hrsg. von DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin 2002, S. 148.

⁷⁶ Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 15.

⁷⁷ Vgl. Emmenegger, Oskar: Reclams Handbuch der künstlerischen Techniken. Band 2 Wandmalerei, Stuttgart 1990, S. 30.

⁷⁸ Vgl. Gasch, Hans Albert / Glaser, Gerhard: Historische Putze. Materialien und Technologien, Dresden 2011, S. 29.

⁷⁹ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 16.

⁸⁰ Vgl. GATZ/WALLENFANG (1960), S. 220.

⁸¹ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

⁸² Vgl. DANZL (2003), S. 153.

⁸³ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 26.

⁸⁴ Vgl. KÖCKERITZ (1926), S. 873.

⁸⁵ Vgl. Leixner, Siegfried / Raddatz, Adolf : Putz, Stuck, Trockenbau. Materialien, Techniken, Schadensbildung und Sanierung. Handbuch für den Stukkateur, München 2004, S. 29.

- **Besensspritzputz**

Bei dem Besensspritzputz wird ein fließfähiger, aber nicht so dünnflüssig wie für den Leierspritzputz angesetzter, feinkörniger Mörtel verwendet.⁸⁶ Der gestutzte Reisigbesen wird in den Mörtel getaucht und auf einen vorgehaltenen Stock geschlagen, so dass der Mörtel auf die Unterputz-Fläche spritzt.⁸⁷ Die Besensspritzputztechnik wurde schon von alters her angewandt und stellt neben dem Kellenspritzputz (s. „Kellenspritzputz“) die ursprüngliche Spritzputz-Technik dar. Bohnagen schreibt 1914 dazu: *„Dieser Besenputz ist die Technik des eigentlichen Spritzmörtelbewurfs, zu dessen Ausführung man neuerdings Druckluftapparate und andere Maschinchen benutzt.“*⁸⁸ Er wurde besonders in ländlichen Gegenden angewandt und kann dort noch vereinzelt vor allem an Naturstein- und Fachwerkfassaden gefunden werden. Diese Technik wurde ursprünglich nass in nass mittels fünf bis sechs Spritzlagen angelegt. Je geringer dabei der Abstand zu Wand gehalten wird, desto mehr große Körner bleiben haften. Der Besensspritzputz zeigt eine tropfenartige Struktur und hat ein weniger gleichmäßiges Erscheinungsbild als z.B. das des Leierspritzputzes.⁸⁹ Nach dem Aufspritzen wurde die Fläche teils mittels Holz- oder Stahlkämmen nachbearbeitet⁹⁰ und wurde so zu einem sog. Kammputz (s. „gekämmte Putze“).

- **Siebspritzputz**

Der Siebspritzputz ist dem eben beschriebenen Besensspritzputz sehr ähnlich, nur das hier der Mörtel von der Kelle durch ein vorgehaltenes Sieb auf die Unterputz-Fläche geworfen wird.⁹¹

- **Maschinell aufgebrachte Spritzputze**

Verschiedene Gerätschaften, wie der „Osius-Spritzputzapparat“, die „Putzleier“, die „Putzhexe“, der „Wormser“⁹², der „Elektrische Pinsel“ oder die „Tectormaschine“ der Torkret-Gesellschaft (daher auch die Bezeichnung als Torkretputz) wurden speziell dafür entwickelt, das gleichmäßige Aufspritzen des Mörtels zu erleichtern und wirtschaftlicher zu gestalten⁹³. Diese Putzflächen haben in der Regel einen regelmäßigeren Charakter, als die der Besensspritzputze. Zu beachten sind hierbei aber im Grunde die gleichen Regeln, die auch für die Herstellung der traditionellen Spritzputze gelten. Seit dem Aufkommen industriell hergestellter Putzfassaden zu Beginn des 20. Jahrhunderts⁹⁴ ist die Verwendung verschiedenster Maschinen immer verbreiteter.

- **Objektbeispiele**

Diese unkomplizierte und kostengünstig umsetzbare Putztechnik ist die wohl mit am meisten angewandte Technik an Edelputz-Flächen. Terranova vertrieb dazu ein besonderes Produkt namens „Terranova-Spritzputzmaterial“⁹⁵. Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befinden sich 15 Objekte in Spritzputztechnik. → Objekt-Nr.: 2588, 2587, 2560, 2586, 3007, 4003, 4006, 4210, 4212, 4314, 7010, 6102, 6301, 2590, 2589

⁸⁶ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 29.

⁸⁷ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

⁸⁸ Vgl. BOHNAGEN (1914), S. 186.

⁸⁹ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 29.

⁹⁰ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

⁹¹ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

⁹² Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 15.

⁹³ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

⁹⁴ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 29.

⁹⁵ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930): Behrens, Peter: Terranova u. K -Steinputz, 32 Verarbeitungstechniken, hrsg. von Terranova-Industrie, o.O. 1930, S. 6.

- **Bildbeispiele**



Abb. 5: Besenspritzputz



Abb. 6: Leierspritzputz



Abb. 7: Terranova- Spritzputz



Abb. 8: Ein Sonderfall ist die Kombination aus Reibeputz und einer Besenspritzputztechnik am Landhaus Abraham (s. *Objekt-Nr.: 2501*)

1.3.2.2 Kellenwurfputz

- **Name und Synonyme**

Kellenwurfputz⁹⁶, Kellenwurf⁹⁷, Löffelputz⁹⁸

- **Putztechnik**

Beim Kellenwurfputz handelt es sich um das simple händische Anwerfen von Mörtelmasse mittels Kelle ohne weitere Nachbearbeitung.⁹⁹ Wird er zweilagig ausgeführt, kann er Schichtdicken von bis zu 25mm aufweisen. Der Mörtel der unteren Lage muss hierbei ebenflächig mit dem Kellenrand abgerappt und einen Tag lang stehen gelassen werden, bis die obere Schicht wie beschrieben angeworfen werden kann.¹⁰⁰ Der Kellenwurfputz benötigt einen festen angefeuchteten Unterputz, der aber noch eine gewisse chemische Verbindung eingeht. Durch das Anwerfen des gut kellengängigen Mörtels¹⁰¹ mit einer Rechteckkelle erzielt man so beispielsweise ein fladenartiges, bewegtes Erscheinungsbild. Abhängig von der Handschrift des Putzers und der Beschaffenheit des Mörtels können die Bewegtheit und die Struktur aber auch gleichmäßiger erscheinen.¹⁰² Wird der Kellenwurfputz direkt mit einer nassen Streichbürste mehr oder weniger stark verstrichen, so spricht man von einem „verwaschenen Kellenwurfputz“¹⁰³. So erscheint die Struktur weicher und geschlossener, da die vorhandenen Putzgrade abgestumpft und damit egalisiert werden. Der Kellenwurfputz weist im Vergleich zu anderen Putztechniken, wie z.B. dem Kratzputz, eine geringe Verbrauchsmenge auf, weil kein Material durch Abkratzen oder ähnliche Vorgänge verloren geht.¹⁰⁴ Da hier keinerlei nachträgliche Überarbeitung der Putzoberfläche erfolgt, weisen Kellenwurfputze eine gleichmäßige Verteilung von Bindemittel und Sand auf.¹⁰⁵

Andere Werkzeuge zum Anwerfen des Mörtels ergeben andere Oberflächencharakteristika, wie es z.B. bei dem sog. Löffelputz der Fall ist. Es entstehen dementsprechend andere Fladenformen an der Wand.¹⁰⁶ Das Eindringen eines Löffels wie eine Art Stempel oder das Ausstechen von Mörtelsubstanz aus einer Putzfläche als gestalterisches Mittel führt teilweise auch zu der Bezeichnung Löffelputz. Hierbei handelt es sich dann aber um eine andere Technik und diese soll den jeweiligen Kapiteln „Stempel- und Walzputze“ und „gekämmte Putze“ zugeordnet werden.

- **Objektbeispiele**

Terranova bot ein Produkt namens „Terranova-Kellenwurf-Material“ an, das in der Sorte „extrakörnig D“ und „extragrobkörnig K“ zu erwerben war.¹⁰⁷ Die dazugehörigen Abbildungen entsprechen dabei jedoch eher der Charakteristik eines Kellenspritzputzes. Sie weisen das typische, klar definierte Schmuckkorn auf, das durch die flüssige Konsistenz der Mörtelmasse auf der Oberfläche zur Geltung kommt.¹⁰⁸ Im Objektkatalog befindet sich kein Objekt mit einer in Kellenwurf-Technik gestalteten Oberfläche.

⁹⁶ Vgl: DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

⁹⁷ Vgl. BEHRINGER (1968), S. 59.

⁹⁸ Vgl. SIEDLER (1951), S. 122.

⁹⁹ Vgl: SCHÖNBURG (2002), S. 146.

¹⁰⁰ Vgl: SCHÖNBURG (1991), S. 125.

¹⁰¹ Vgl: GASCH/GLASER (2011), S. 58.

¹⁰² Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

¹⁰³ Vgl. SCHÖNBURG (1991), S. 125.

¹⁰⁴ Vgl: Narjes: Putz, in: Mitteilungen der Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen e.V., Sonderdruck, Heft 36/1929, S. 1-8, S. 5.

¹⁰⁵ Vgl. Gesell, Gerhard: Putz, hrsg. von Deutscher Heimatbund e.V., Berlin o. J. [1943]. S. 45.

¹⁰⁶ Vgl. SIEDLER (1951), S. 122.

¹⁰⁷ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 10.

¹⁰⁸ Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

- **Bildbeispiele**



Abb. 9: Anwerfen des Mörtels mittels Kelle



Abb. 10: Variation des Kellenwurfputzes mit eher unregelmäßiger Oberflächen-Struktur



Abb. 11: Variation mit weniger stark reliefierter Oberflächenstruktur



Abb. 12: Variation des Kellenwurfputzes mit klar definiertem, fladenartigem Anwurf

1.3.2.3 Kellenspritzputz

- **Name und Synonyme**

Kellenspritzputz¹⁰⁹, Graupelputz¹¹⁰, in Österreich Rieselputz¹¹¹

- **Putztechnik**

Der einfache Kellenwurfputz wird ein Kellenspritz- oder Graupelputz, wenn die Mörtelmasse flüssiger angesetzt wird.¹¹² Der Übergang zum eigentlichen Kellenwurfputz ist damit fließend. Daher soll diese Technik hier als eine Sonderform des Kellenwurfes behandelt werden. Es entsteht ein Kellenwurfputz mit definiertem Schmuckkorn, dass durch die flüssige Konsistenz der Mörtelmasse klar verteilt auf der Oberfläche zur Geltung kommt.¹¹³ Die Mörtelmasse wird in geringen Mengen auf die Kellenspitze genommen und mit gleichmäßigem, kräftigem Schwung immer aus der gleichen Richtung angeworfen.¹¹⁴ Dabei muss die Fläche im Allgemeinen zwei- bis dreimal beworfen werden, um eine geschlossene, gleichmäßig körnige Putzschicht zu erhalten¹¹⁵. Es bleibt doch bei einem eher dünn-schichtigen Putzauftrag. Eine feine oder eher grobe Struktur ist abhängig von der verwendeten Korngrößenverteilung.¹¹⁶ Der Kellenspritzputz zählt zu den sehr alten in Mitteldeutschland vorkommenden Putzarten, nachweisbar seit dem Ende des 14. Jahrhunderts, z.B. in der Albrechtburg in Meißen¹¹⁷. Er wurde aber auch vermehrt in Süddeutschland angewendet.¹¹⁸ Der Kellenspritzputz wird in Österreich als Rieselputz bezeichnet.

Koller beschreibt dagegen unter der Bezeichnung Rieselputz eine Technik aus dem 19./ 20. Jahrhundert, bei der das Verstreuen von Sandkörnung auf den noch weichen Verputz erfolgt. Auf diese Weise wird eine den Stupfputzen entgegengesetzte Raumwirkung erzielt und kann als eine sehr simple Art der Inkrustation, auch für die Gestaltung großer Fassaden, angesehen werden.¹¹⁹ Diese Technik erfordert sehr zugfeste Mörtel, da das eingebettete Korn sonst nicht lange einer Bewitterung standhalten würde.¹²⁰

- **Objektbeispiele**

Terranova bot für diese Technik ein eigenes Produkt namens „Terranova-Kellenwurf-Material“ an, das in der Sorte „extrakörnig D“ und „extragrobkörnig K“ zu erwerben war.¹²¹, was für eine weite Verbreitung dieser Technik spricht. Da Kellenspritzputze teils nur schwer von anderen Spritzputzen zu unterscheiden sind, gerade wenn ältere Bestände schon Altersspuren aufgrund von Abwitterung aufweisen, werden alle Objekte mit solchen Oberflächen zusammen gefasst. → s. „Spritzputze“

¹⁰⁹ Vgl: SIEDLER (1951), S. 122.

¹¹⁰ Vgl: GESELL (1943), S. 47.

¹¹¹ schriftliche Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

¹¹² Vgl: GESELL (1943), S.47.

¹¹³ schriftliche Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

¹¹⁴ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 20.

¹¹⁵ Vgl. SCHÖNBURG (1991), S. 125.

¹¹⁶ Vgl: EMMENEGGER (1990), S. 30.

¹¹⁷ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 26.

¹¹⁸ Vgl. GATZ/WALLENFANG (1960), S. 220.

¹¹⁹ Vgl. Koller, Manfred: Material und Farbe in der Architekturoberfläche, in: Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe; internationale Fachtagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 20. - 22. November 2002, 2003., S. 117.

¹²⁰ Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

¹²¹ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 10.

- **Bildbeispiele**



Abb. 13: Kellenspritzputz, historischer Befund



Abb. 14: Befundnachstellung



Abb. 15: Ein eher tropfenförmiger, sehr feinkörniger, historischer Befund

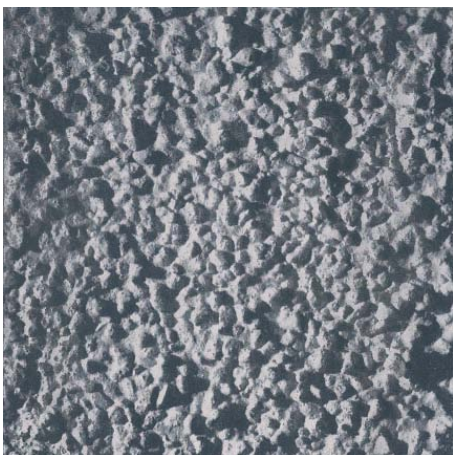


Abb. 16: Terranova Kellenwurf

1.3.2.4 Tränen- oder Tropfenputz

- **Name und Synonyme**

Tränenputz, Tropfenputz¹²²

- **Putztechnik**

Für diese Putztechnik wird auf den festen, vorgehängten Unterputz ein meist andersfarbiger, dünnflüssiger Mörtel mittels Kelle, kaum flächendeckend angeworfen. Dies geschieht so, dass er auf der Wandfläche ins Rutschen gerät und in seiner Tropfenform erstarrt.¹²³ Der Mörtel kann auch mit einer Gießkanne auf den Putzuntergrund angegossen werden.¹²⁴ Die Umschreibung der Technik spricht für eine je sehr individuell erscheinende Wandfläche.

- **Objektbeispiele**

Der Tropfenputz findet wenig Erwähnung in der Literatur und wird dort auch nicht in Verbindung mit Edelputz-Materialität erwähnt. Es handelt sich hierbei also eher um eine seltene Ausnahme-Technik. Am Landhaus Abraham (s. *Objekt-Nr.: 2501*) wurde eine spezielle, zweifarbige Kombination aus Reibe- und Spritzputz angewendet, welche der Ästhetik der unten dargestellten Abbildung (s. Abb. 17: Eine farblich kontrastreiche Variation des Tropfenputzes) nahe kommt (s. „*Spritzputz*“, Abb. 8). Auch dort findet sich solch eine Wechselwirkung der beiden sichtbaren, verschieden farbigen und verschieden strukturierten Putzschichten.

- **Bildbeispiele**

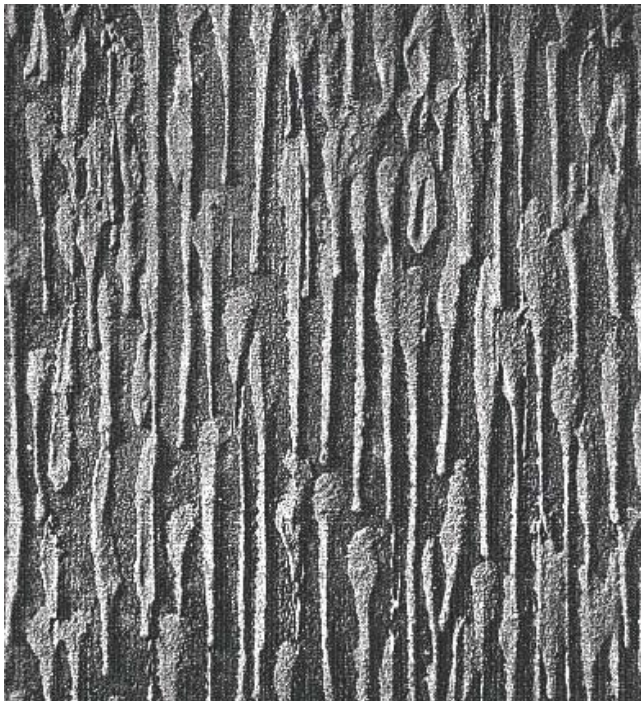


Abb. 17: Eine farblich kontrastreiche Variation des Tropfenputzes

¹²² Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

¹²³ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

¹²⁴ Vgl. Winkler, Adolf: Die neuzeitliche Fassadenputztechnik, Berlin 1929, S. 26.

1.3.3 Putztechniken, deren Strukturierung mittels speziell geformter Werkzeuge erfolgt

1.3.3.1 Kellenglattstrichputz

- **Name und Synonyme**

Kellenglattstrichputz¹²⁵, Klosterputz^{126 & 127}

- **Putztechnik**

Der Kellenglattstrichputz wurde schon im 15. Jahrhundert angewendet, erfolgte ursprünglich in einlagiger Ausführung und bildet die einfachste Art der bearbeiteten Kellenputze. Seine Stärke ist abhängig von der Ebenheit der Wandfläche, aber sollte 15mm nicht unterschreiten. Nach dem Anwerfen des Mörtels, traditionell mittels Kelle, wird dieser mit deren Rückseite vertikal oder bogenförmig verstrichen. Dabei müssen die Glattstriche nicht gleichmäßig lang und breit sein, sondern können durch unregelmäßige Führung auch eine gewollt bewegte Oberfläche erzeugen. Die Striche sollten nicht zu stark überstehen, können aber gradförmig aneinanderstoßen. Die geebnete Oberfläche behält dabei gelegentlich leicht tiefer liegende, ungeglättete Mörtelpartien, die als kleine Nester zum Erscheinungsbild der historischen Technik gehören.¹²⁸ Die Bearbeitung mittels Kellenrückseite erzeugt also Glättstrukturen und Werkzeugspuren, die sich von den durch das Reibebrett geglätteten Flächen des verschiebten Putzes unterscheiden (s. „Reibeputz“). Bei dem Klosterputz, ein historischer Putz, der mit der gerundeten Kelle nach allen Richtungen hin aufgetragen und teils schwach verwaschen wird, scheint es sich also auch um eine Form des Kellenglattstrichputzes zu handeln. Die Namensgebung ist wohl auf die häufige Anwendung an Klöstern und anderen kirchlichen Bauten zurückzuführen.¹²⁹

- **Objektbeispiele**

Diese Putztechnik wird in der Literatur bezüglich der Anwendung mittels Edelputze nicht als separate Putztechnik aufgeführt. Auch im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich keines mit dieser Technik.

- **Bildbeispiele**



Abb. 18: Natursteinmauerwerk ist im Kellenglattstrichputzes integriert



Abb. 19: Werkzeugspuren noch gut erkennbar

¹²⁵ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 18.

¹²⁶ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S. 135.

¹²⁷ Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 15.

¹²⁸ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 18.

¹²⁹ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S. 135.

1.3.3.2 Kellenstrichputz

- **Name und Synonyme**

Kellenstrich¹³⁰, Kellenstrichputz¹³¹, Rustikalputz¹³², Spitzkellenstrich¹³³, Spachtelstrich¹³⁴, Seitenstrich¹³⁵, Kreisförmiger Kellenstrich¹³⁶, Kreisförmiger Draufelstrich¹³⁷

- **Putztechnik**

Bei dem Kellenstrichputz wird der Mörtel nach dem Anwerfen und gegebenenfalls dem Abziehen durch verschiedene Putzwerkzeuge, wie Kelle, Spitzkelle, Spachtel oder Draufel waagrecht, bogenförmig oder fächerartig so verdichtet, dass die einzelnen Striche als gestaltendes Element sichtbar bleiben und eine kontrolliert bewegte Struktur erzeugen.¹³⁸ Die Technik erfordert einen in sich festen Unterputz und einen sehr gut kellengängigen und noch plastischen Mörtel.¹³⁹ Entscheidend für das Endergebnis sind ebenso Zuschlagskorn, die Plastizität des Mörtels¹⁴⁰ sowie die handwerklichen Fähigkeiten des Putzers. So darf der dabei entstehende Quetschrand beispielsweise nicht zu stark ausfallen (≤ 5 mm), um die Flächigkeit des Putzes insgesamt zu wahren. Kellenstrichputze können anschließend leicht verwaschen werden, damit die Oberfläche ruhiger und geschlossener wirkt. Die Entwicklung der verschiedenen Kellenstrichputze durch unterschiedliche Handhabung der einzelnen Kellenformen begann kurz nach 1900.¹⁴¹ Der Kellenstrichputz kommt in Ausnahmefällen auch abgerieben vor¹⁴², soll hier aber nicht weiter thematisiert werden.

- **Objektbeispiele**

Terranova führt in einer Veröffentlichung¹⁴³ verschiedene Kellenstrich-Techniken auf, was für die Umsetzung dieser Techniken mittels Edelputzen spricht. Dazu gehören der kreisförmige Draufelstrich, der kreisförmige Kellenstrich, der Spitzkellenstrich, der Seitenstrich und der Spachtelstrich. Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich jedoch kein Objekt mit einer dieser Techniken.

¹³⁰ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

¹³¹ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

¹³² Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 15.

¹³³ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 15.

¹³⁴ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 16.

¹³⁵ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 17.

¹³⁶ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 13.

¹³⁷ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 12.

¹³⁸ Vgl. GATZ/WALLENFANG (1960), S. 220.

¹³⁹ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 58.

¹⁴⁰ Vgl. SCHÖNBURG (1991), S. 126.

¹⁴¹ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 58.

¹⁴² Vgl. WINKLER (1929), S. 24.

¹⁴³ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S.12, 13, 15, 16, 17.

- **Bildbeispiele**



Abb. 20: Terranova- Spachtelstrich



Abb. 21: Kreisförmiger Kellenstrich



Abb. 22: Terranova- Seitenstrich



Abb. 23: Terranova- kreisförmiger Draufelstrich, zurückhaltend strukturiert

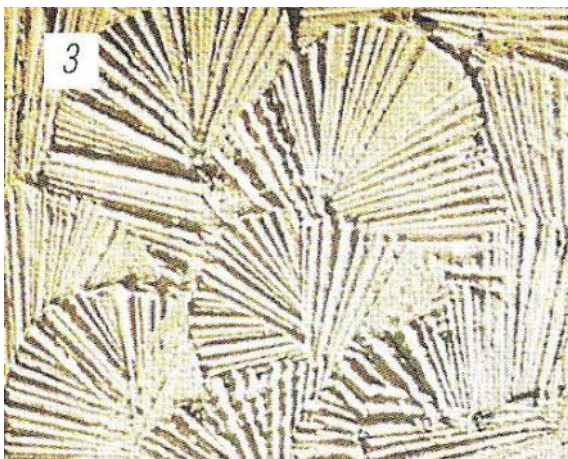


Abb. 24: Fächerputz



Abb. 25: Terranova- Spitzkellenstrich

1.3.3.3 Kellenstechputz

- **Name und Synonyme**

Kellenstechputz¹⁴⁴

- **Putztechnik**

Der Kellenstechputz wird traditionell als ein 15-20mm starker Oberputz angeworfen, der dann zu einer ebenen Fläche geschleppt wird (s. „Schleppputz“). Nun werden aus der Putzfläche mittels verschiedener Kellen, wie der Spitzkelle oder der Herzkelle, systematisch fortlaufend ca. 10mm tiefe, kellengroße Stücke neben- und übereinander ausgehoben. Die so entstehenden Flächen erscheinen im oberen Bereich leicht gerissen und im unteren Bereich eher gedrückt. Mittels Spitzkelle entstehen z.B. lanzettartige Formen, mittels Herzkelle eher leicht gerundete Schuppen.¹⁴⁵

- **Objektbeispiele**

Terranova erwähnt diese Putztechnik nicht in seinen Veröffentlichungen und auch sonst findet sich keine Erwähnung dieser Technik in Verbindung mit Edelputz-Ausführungen. Auch unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich keines mit dieser Technik.

- **Bildbeispiele**



Abb. 26: Der Kellenstechputz mit seiner charakteristisch ausgehobenen Kellenstruktur

¹⁴⁴ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 58.

¹⁴⁵ Vgl. Ebenda.

1.3.3.4 Kellendruckputz

- Name und Synonyme

Kellendruckputz¹⁴⁶, eingedrückter Draufelputz¹⁴⁷, eingedruckter Fächerputz¹⁴⁸

- Putztechnik

Für den zweilagigen Kellendruckputz wird der steif plastische Mörtel für den Oberputz relativ dick von oben nach unten mit geringer Überdeckung angeworfen. In den noch feuchten, steifen Mörtel wird eine Kelle (Rechteck-, Dreieck-, Spitz-, Zungen-, oder Herzkelle) regelmäßig eingedrückt¹⁴⁹ und jeweils leicht nach unten gezogen oder auch ganzflächig eingedrückt. Der Mörtel wird also hier, im Gegensatz zu dem Kellenstechputz, partiell viel stärker verdichtet. Die Drucktiefe sollte so sein, dass erhabene Ränder von höchstens 10 mm entstehen.¹⁵⁰

- Objektbeispiele

Terranova führt diese Technik als eingedrückten Draufelputz in seinen Veröffentlichungen auf, was für eine Umsetzung von Edelputzflächen in dieser Technik spricht. Es wird dazu eine körnige oder grobkörnige Mörtelmischung empfohlen.¹⁵¹ Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich jedoch kein Objekt mit dieser Technik.

- Bildbeispiele



Abb. 27: Ein Kellendruckputz mittels Dreieckskelle ausgeführt



Abb. 28: Terranova- Eingedrückter Draufelputz



Abb. 29: Eine weniger stark reliefierte Variation

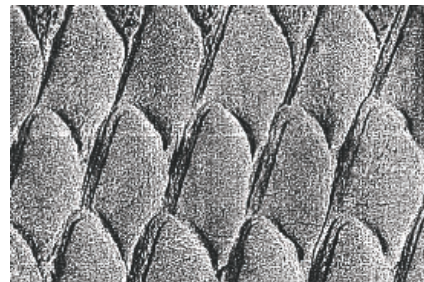


Abb. 30: Ausführung des Kellendruckputzes ähnlich einem Schuppenmuster

¹⁴⁶ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 63.

¹⁴⁷ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 14.

¹⁴⁸ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

¹⁴⁹ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 14.

¹⁵⁰ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 63.

¹⁵¹ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 14.

1.3.3.5 Patschputz

- **Name und Synonyme:**

Patschputz^{152 & 153}, Quetschputz oder Patschoputz¹⁵⁴, in der Handwerksprache auch Zupfer¹⁵⁵

- **Putztechnik**

Der Patschputz stellt eine einzigartige Gestaltung von Putzflächen dar. Vor dem Aufbringen des Oberputzes wird ein nach den allgemeinen Regeln hergestellter Unterputz aufgeraut und vorgehäst. Als Oberputz dient ein feinkörniger, fetter Mörtel mittlerer Konsistenz, der mittels Kelle angeworfen werden kann.¹⁵⁶ Die besondere, eher unruhige Struktur entsteht durch das nun folgende Eindrücken und ruckartige Abheben des Reibebrettes.¹⁵⁷ Dabei entsteht eine Saugwirkung, die charakteristische Mörtelspitzen entstehen lässt. Bei steifer gewähltem Mörtel werden die Mörtelspitzen größer, bei dünnerem fallen sie kleiner aus. Teilweise wird in der Literatur auch eine Antrags-technik beschrieben, bei dem der Mörtel auf das Reibebrett aufgesetzt und direkt an die Oberfläche gedrückt wird. Gegebenenfalls werden diese Spitzen danach leicht abgerieben.¹⁵⁸ Diese Version könnte aber nach den allgemeinen Regeln der Putztechnik zu einer verminderten Bindung des Putzes zum Untergrund führen. Nach jedem Druck sind die Werkzeuge zu reinigen, um die Technik nicht zu beeinträchtigen¹⁵⁹. Der Patschputz fand seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts vielfach Verwendung.¹⁶⁰ Winkler bezeichnet 1929 den Besenschlagputz auch als Patschputz.¹⁶¹ Diese Technik entsteht jedoch durch das Einschlagen eines Reisigbesens und ist daher den Stippputzen zuzuordnen. Sie besitzt eine kaum verwechselbare Oberflächenstruktur (s. „Stippputz“).

- **Objektbeispiele**

Die Patschputz-Technik findet in der Literatur keine Verwendung in Verbindung mit Edelputzen. Auch unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich kein Objekt in Patschputztechnik. Trotzdem wird er in der Literatur im Zusammenhang mit „modernen“ Putztechniken genannt.¹⁶²

- **Bildbeispiele**



Abb. 31: typische Oberflächenwirkung eines Patschputzes



Abb. 32: großflächigere Patschputz-Strukturen

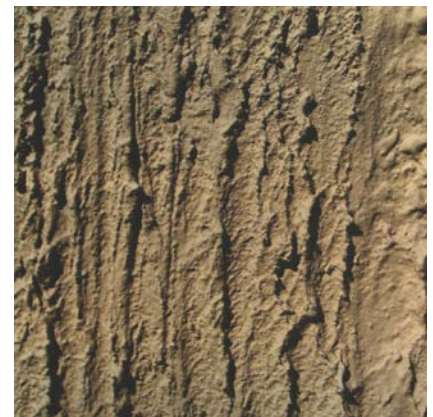


Abb. 33: vertikal strukturierter Patschputz

¹⁵² Vgl. BEHRINGER (1968), S. 82.

¹⁵³ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S.87.

¹⁵⁴ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.75.

¹⁵⁵ Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

¹⁵⁶ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.75.

¹⁵⁷ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S.135.

¹⁵⁸ Vgl. SIEDLER (1951), S.123.

¹⁵⁹ Vgl. SIEDLER (1951), S.122.

¹⁶⁰ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.75.

¹⁶¹ Vgl. WINKLER (1929), S.27.

¹⁶² Vgl. SCHRADER (1928), S. 177

1.3.3.6 Kammputz

- **Name und Synonyme**

Kammputz¹⁶³, Kammzuputz^{164&165}, Riffel-, Riefen-, Wellenputz¹⁶⁶, Besen-Rillen-Putz, Besenstrichputz¹⁶⁷, Besenstrich¹⁶⁸, Besenzugputz¹⁶⁹, Lämmer- oder Zopfputz¹⁷⁰

- **Putztechnik**

Bei dem sog. Kammputz handelt es sich um einen zweilagig ausgeführten Putz, bei dem der feinkörnigere Oberputz (Korngrößen von 0 bis 1 mm, max. 2 mm) nach ca. 30-60 Minuten gleichmäßig auf den noch feuchten Unterputz (Korngrößen von 0 bis max. 2mm) geworfen oder gespritzt wird.¹⁷¹ Die noch feuchte Oberfläche wird nun mit verschiedenen Werkzeugen, wie Holz- (z.B. Buchsbaumholz¹⁷²), Gummi-¹⁷³ oder Stahlblechkämmen, aber auch stumpfen Reiserbesen oder Rutenbesen¹⁷⁴ sauber waagrecht, senkrecht, gewellt oder wild bzw. kreuzweise schraffiert.¹⁷⁵ Teilweise kann dies eine starke geometrische Gliederung der Wandfläche hervorrufen. Das Werkzeug kann auch mit einer Ausklinkung über ein gerade oder wellenförmig ausgebildetes Brett entlang geführt werden, was eine besonders präzise Linienführung zur Folge hat. Eine besondere Ausprägung des gekämmten Putzes bildet der sogenannte Lämmer- oder Zopfputz, bei dem der Kamm, in der Regel vertikal entlang eines Richtscheids oder einer Wasserwaage geführt wird. Dies erfolgt hier jedoch in vielen kleinen Schritten von oben nach unten. Auf diese Weise ergeben sich Querrillen, die ein zopfähnliches Muster ergeben.¹⁷⁶ Die vielen Varianten des gekämmten Putzes sind seit dem Ende des 19. Jahrhunderts, also seit dem Späthistorismus und vor allem seit dem Jugendstil bekannt.¹⁷⁷

- **Objektbeispiele**

Der Kammputz sowie der Besenstrichputz wird als übliche Putzstrukturen aufgeführt, die an Edelputzbeständen möglich sind.¹⁷⁸ Allerdings befindet sich unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten nur ein Objekt mit einer gekämmten Edelputz-Fläche. (s. *Objekt-Nr.: 2591*) Bei zwei Objekten (s. *Objekt-Nr. 4003, 2225*) handelt es sich um Steinputz-Elemente.

¹⁶³ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

¹⁶⁴ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

¹⁶⁵ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 50.

¹⁶⁶ Vgl. Pursche, Jürgen: Betrachtung zu historischen Putzbefunden, in: Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe; internationale Fachtagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 20. - 22. November 2002, 2003., S. 19.

¹⁶⁷ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 48.

¹⁶⁸ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

¹⁶⁹ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

¹⁷⁰ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 50.

¹⁷¹ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 50.

¹⁷² Vgl. BOHNAGEN (1914), S. 186.

¹⁷³ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S. 135.

¹⁷⁴ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 48.

¹⁷⁵ Vgl. KÖCKERITZ (1926), S. 872.

¹⁷⁶ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 50.

¹⁷⁷ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 50.

¹⁷⁸ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

- **Bildbeispiele**

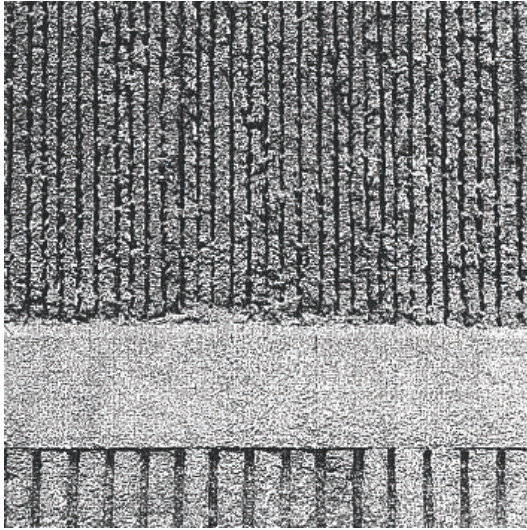


Abb. 34: senkrecht gekämmter Putz



Abb. 35: horizontal gezogener Besenstrichputz

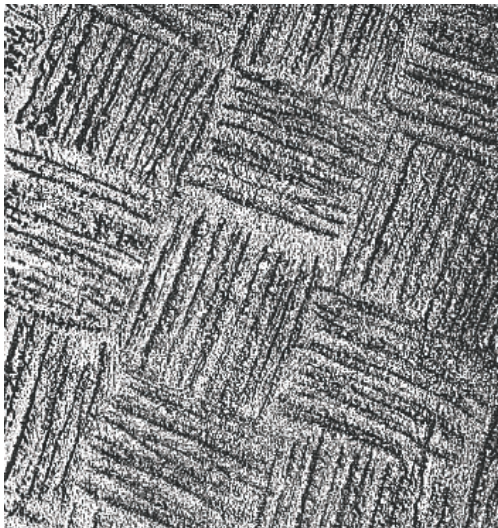


Abb. 36: Gekämmter Putz schräg wechselnd mit Hohlkamm gezogen

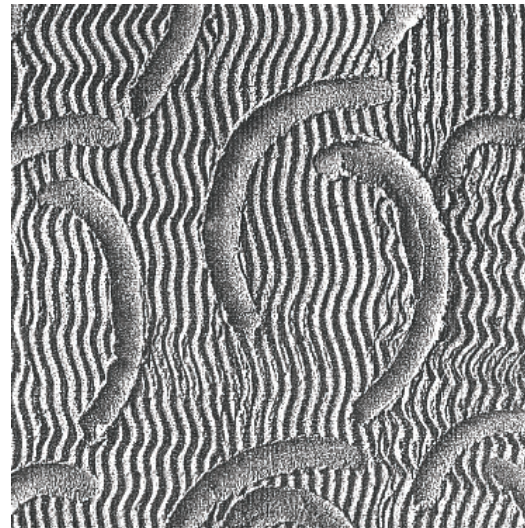


Abb. 37: Sonderform als Bogenstrich auf senkrecht wellig gekratztem Putz

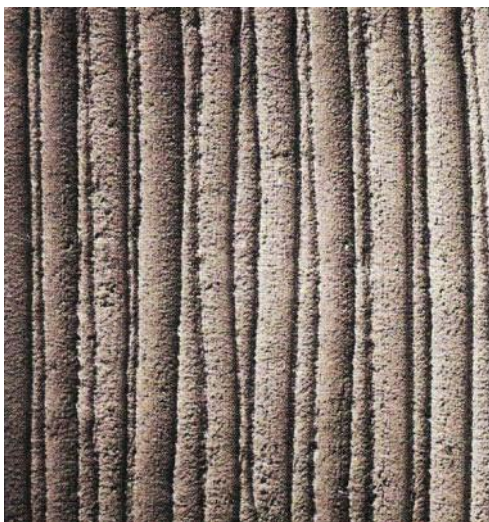


Abb. 38: Mit Gummikamm gezogener Putz



Abb. 39: Der Lämmer- oder Zopfputz

1.3.3.7 Stippputz

- **Name und Synonyme**

Stippputz¹⁷⁹, Steppputz¹⁸⁰, Besenstipp- oder Besenstufputz¹⁸¹, Stufputz¹⁸², Rutenbündelstippputz¹⁸³, Nagelbrettstippputz¹⁸⁴, Besenschlag¹⁸⁵, →Walzenstippputz¹⁸⁶ siehe „Stempel- oder Walzputz“

- **Putztechnik**

Hierfür wird ein in der Regel feinkörniger geschmeidiger Mörtel als Oberputz angeworfen oder aufgespritzt.¹⁸⁷ Für die charakteristische Struktur der Stippputze (teilweise auch „Stippputz“ geschrieben) werden verschiedene Werkzeuge, wie stumpfe Reisigbesen, Stahldrahtbürsten, Pinsel¹⁸⁸, Nagelbretter (seit dem späten 20. Jahrhundert „Igel“ genannt) auch angespitzte Vieleckeisen in den frischen Putz gedrückt oder gestippt. Dies kann akkurat regelmäßig oder wild spontan erfolgen. Durch das bewusste kombinieren dieser Technik mit der erkennbar belassenen, unbearbeiteten Kellenwurf-Struktur, kann z.B. auch ein gestippter Kellenwurfputz entstehen.¹⁸⁹ Der sog. Besenschlagputz zeigt weniger punktuelle, als mehr unregelmäßig kurze Linien, die durch Schlagbewegungen mit einem Rutenbesen aus dünnen, möglichst frischen Birken- und Haselnusszweigen erzeugt werden.¹⁹⁰ Somit stellt er technisch und optisch eine Sonderform des Stippputzes dar. Besonders regelmäßige Stippstrukturen können auch mittels Riffelwalzen erzeugt werden.¹⁹¹ Diese Putzoberflächen sind dann aber als eine Sonderform den Walzputzen zuzuordnen (s. „Stempel- und Walzputze“). Durch die Wahl des passenden Stipp-Werkzeuges und der Mörtelzusammensetzungen können auch handwerkliche Steinbehandlungen ästhetisch imitiert oder nachgestellt werden.¹⁹²

Die Stippputztechniken wurden erstmals umfangreich im 18. Jahrhundert, im Zeitalter des Barock und später wieder um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert angewendet.¹⁹³ Der Besenschlagputz kommt in den ländlichen Gebieten des Leipziger Raumes noch in den 30-iger Jahren des 20. Jahrhunderts vor.“¹⁹⁴

- **Objektbeispiele**

Terranova führt die Stippputztechnik in seinen Veröffentlichungen auf, was für eine Umsetzung von Edelputzflächen in dieser Technik spricht.¹⁹⁵ Bei der Abbildung handelt es sich genauer um die Besenschlagputz-Technik (s. Abb. 40, Abb. 45). Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich kein Objekt mit Stippputztechnik.

¹⁷⁹ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 11.

¹⁸⁰ Vgl. SCHÖNBURG (1991), zit. n. BOUÉ (2001), S. 71.

¹⁸¹ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

¹⁸² Vgl. PURSCHE (2003), S. 15.

¹⁸³ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 36.

¹⁸⁴ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 36.

¹⁸⁵ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 45.

¹⁸⁶ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 36.

¹⁸⁷ Vgl. PURSCHE (2003), S. 15.

¹⁸⁸ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

¹⁸⁹ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 36.

¹⁹⁰ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 45.

¹⁹¹ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 33.

¹⁹² Vgl. PURSCHE (2003), S. 15.

¹⁹³ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 33.

¹⁹⁴ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 45.

¹⁹⁵ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 11.

- **Bildbeispiele**



Abb. 40: Besenschlagputz

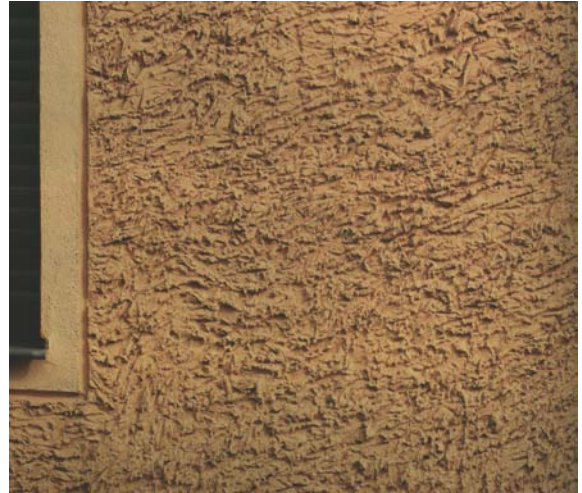


Abb. 41: Weitere Variation der Besenschlagputzes

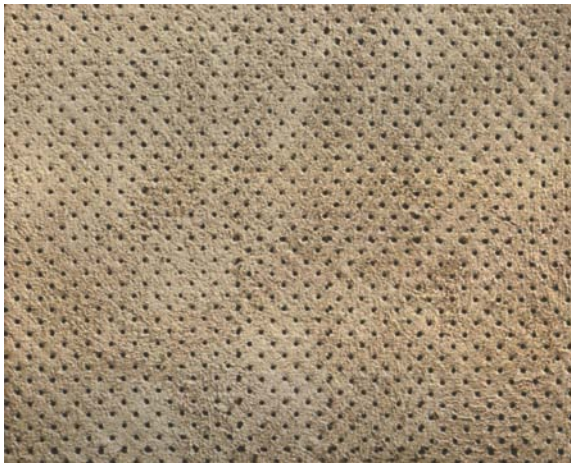


Abb. 42: Nagelbrettstippputz



Abb. 43: Rutenbündelstippputz



Abb. 44: Kombination aus Kellenwurf-Struktur und Rutenbesenstipp-Strukturen



Abb. 45: Terranova- Stippputz

1.3.3.8 Stempel- und Walzputz

- Name und Synonyme

Stempelputz¹⁹⁶, Walzputz¹⁹⁷, Walzenstippputz¹⁹⁸

- Putztechnik

Die verhältnismäßig seltene Putzgestaltung, wohl eher als Putzornamentierung zu sehen, wurde im größeren Umfang bis in das 17. Jahrhundert, vorrangig für die Gestaltung von Putzgliederungselementen, wie Gesimsfriesen, Eckquadern oder Putzrändern angewendet. Hier wird in den noch weichen, ebenflächig aufgetragenen Putz der mit beliebigem Muster angefertigte und angenässte Holzstempel oder Holzmodell¹⁹⁹ gedrückt und nach Bedarf mit einem Holz- oder Gummihammer eingeschlagen.²⁰⁰ Vereinzelt kommen Gestaltungen mittels anderer Werkzeuge, z.B. mit einem Löffel vor. Solcherlei findet sich z.B. an einem modernen Putzbestand bei dem sog. „Haus am Zwinger“ in der Altstadt von Dresden.²⁰¹

Ähnlich dem Stempelputz wird bei dem Walzputz der noch frische, nach Belieben nachbearbeitete Putz durch das Überrollen mittels Metall-, Gummi- oder Holzwalzen gestaltet.²⁰² So können ornamentale oder simpel strukturierende Oberflächengestaltungen entstehen. Auch ein Stippputz kann als Walzenputz ausgeführt werden (s. „Stippputz“).

Stempel- und Walzputze können auch der Naturstein-Imitation dienen.

- Objektbeispiele

Stempel- und Walzputze finden in der Literatur keine Verwendung in Verbindung mit Edelputzen. Auch unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich kein Objekt mit diesen Techniken.

- Bildbeispiele

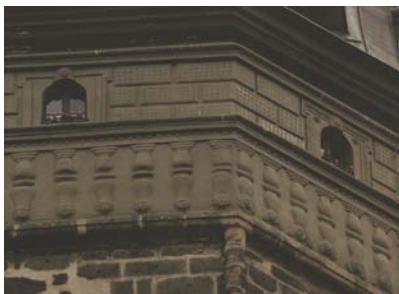


Abb. 46: Stempelputz als Steinimitation



Abb. 47: Variation Stempelputz

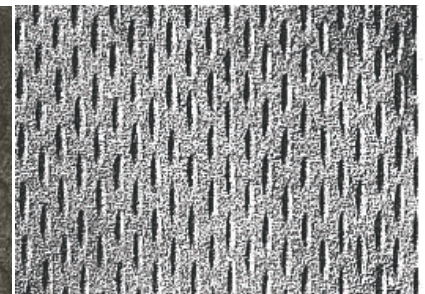


Abb. 48: Walzputz



Abb. 49: Moderne Variation der Stempelputz-Technik am Haus am Zwinger in der Altstadt von Dresden

¹⁹⁶ Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S.17.

¹⁹⁷ Vgl. BEHRINGER (1968), S.80.

¹⁹⁸ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.36.

¹⁹⁹ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S.135.

²⁰⁰ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.38.

²⁰¹ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S.135.

1.3.4 Gezogene oder gerappte Putze

1.3.4.1 Rappputz

- **Name und Synonyme**

rustikaler oder gedeckter Putz²⁰³, abgerappter Putz²⁰⁴, freihändiger Ziehputz²⁰⁵, abgekehlter Putz²⁰⁶, Kellenzugputz²⁰⁷, Ziehputz über Lehren und Erlweinputz²⁰⁸

- **Putztechnik**

Das Berappen einer Putzfläche beschreibt das Abziehen frisch angeworfenen Mörtels, meist mit dem senkrecht zur Putzfläche gestellten Kellenblatt.²⁰⁹ Allerdings wird gelegentlich die Herstellung des Rappputzes beziehungsweise das Berappen einer Fläche als das gleichmäßige kräftige Anwerfen des Mörtels mittels Kelle ohne Nachbehandlung durch Andrücken oder Glätten und beschrieben und benennt damit im Grunde den einfachen Kellenwurfputz (s. „*Kellenwurfputz*“). Auch der Duden beschreibt das Wort als das Bewerfen des Mauerwerks mit Mörtel.²¹⁰ Da aber der Vorgang des Bewerfens einer Fläche mittels Kelle oft handwerklich einher ging mit dem gelegentlichen Korrigieren von hervorstehenden Stellen durch Berappen und direktes Hineinwerfen in dünnschichtigere Stellen²¹¹, scheinen die beiden Putztechniken oft nahtlos ineinander über zu gehen. Die Putzgrundvorbereitung und der Schichtaufbau entspricht also dem des einfachen Kellenwurfputzes. Durch die waagerechte Kellenführung beim Abziehen wird die Putzstruktur geringfügig senkrecht betont. Wird die Richtung ständig geändert, so entsteht eine ungezwungene, natürlichere Struktur²¹². Die Rappputze waren überwiegend im 16. und 17. Jahrhundert gebräuchlich und wurden ursprünglich auch einlagig ausgeführt²¹³. Gesell schreibt, dass die Rappputze „[...] *den Gebäuden ein schönes, derbes Aussehen verleihen*“.²¹⁴

Das Abziehen des Mörtels kann auch mit einem Brett erfolgen, wie es z.B. bei dem sog. „Ziehputz über Lehren“ geschieht. Dieser Putz wurde besonders seit Anfang des 20. Jahrhunderts eingesetzt und fand besonders bei großen Wandflächen Verwendung. Im Raum Dresden bezeichnet man ihn auch nach dem Stadtbaurat Hans Erlwein (1872-1914) als „Erlweinputz“. Dieser Putz wurde in Korngrößen bis zu 16mm ausgeführt und mit der Kante eines breiten Richtscheids vertikal nach oben abgezogen. In dem Rhythmus von Hand vorwerfen, kurz anziehen lassen, die Fläche ein zweites Mal überwerfen und Abziehen gibt dieser Putztechnik eine zwar einheitliche, aber doch lebendige Erscheinung.²¹⁵ Sie ähnelt der Technik des sog. Schleppputzes (s. „*Schleppputz*“), weist aber nicht die sich stark absetzenden Laufspuren der groben Zuschlagskörner auf.

- **Objektbeispiele**

Der Rappputz findet in der Literatur keine Verwendung in Verbindung mit Edelputzen. Auch unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich kein Objekt mit dieser Technik.

²⁰³ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.12.

²⁰⁴ Vgl. SCHÖNBURG (2002), S.146.

²⁰⁵ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.72.

²⁰⁶ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.12.

²⁰⁷ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.12.

²⁰⁸ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.72.

²⁰⁹ Vgl. GESELL (1943), S.43.

²¹⁰ Vgl. http://www.duden.de/rechtschreibung/berappen_bewerfen_entrinden, letzter Zugriff 14.12.12

²¹¹ Vgl. SCHÖNBURG (2002), S.146.

²¹² Vgl. SCHÖNBURG (1991), S.125.

²¹³ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.12.

²¹⁴ Vgl. GESELL (1943), S.43.

²¹⁵ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S.72.

- **Bildbeispiele**



Abb. 50: Rappputz mit erkennbaren Werkzeugspuren



Abb. 51: leicht diagonal strukturierter Rappputz

1.3.4.2 Schleppputz

- **Name und Synonyme**

gezogener Strukturputz²¹⁶, Schlepp- oder Rindenputz²¹⁷, Rieselputz²¹⁸ *

- **Putztechnik**

Bei dem sog. Schleppputz (teilweise auch Schleppputz geschrieben) handelt es sich um einen Rappputz (s. „Rappputz“) mit einem Anteil größeren Zuschlagkorns. Der Putzmörtel wird unmittelbar nach dem Anwerfen mit der Kartätsche, einem flächig angelegten Aufzieh- oder Reibebrett, senkrecht, waagrecht oder wellig, teils auch mit Absätzen verschleppt. Die dabei mitgeschleppten Zuschlagkörner rollen bei diesem Vorgang auf dem Unterputz und hinterlassen Rillen oder Spuren im Oberputz.²¹⁹ Die bei dem senkrechten Abziehen entstehenden, baumrindenähnlichen Rillenstrukturen erklären die Bezeichnung Rindenputz.²²⁰ Diese Bezeichnung findet man allerdings in der Literatur auch für bestimmte Patschputz-Ausführungen (s. „Patschputz“). Das Putzbild des Schleppputzes ähnelt dem des Münchener Rauputzes (s. „Münchener Rauputz“). Bei diesem entstehen die Rillen jedoch durch das Reiben der Oberfläche²²¹, sodass die Gesamtläche ebener erscheint. Der Schleppputz ist seit dem Ende des 19. Jahrhunderts bekannt und steht wohl im Zusammenhang mit einer Strukturierungsmöglichkeit von möglichst großen Putzflächen mit schnellen und einfachen Mitteln. Die Struktur wurde teilweise auch künstlich durch das Einritzen der Riefen mittels Kellenspitze erzeugt und dann noch einmal überschleppt.²²²

* Wegen der senkrechten Rillenstrukturen in Kombination mit dem leicht tropfenartigen Erscheinungsbild der Oberfläche wird er teils als Rieselputz bezeichnet²²³. Dies steht aber nicht im Zusammenhang mit der österreichischen Bezeichnung des Kellenspritzputzes (s. „Kellenspritzputz“).

- **Objektbeispiele**

Diese unkomplizierte Schleppputztechnik wird unter den üblichen Putzstrukturen aufgeführt, die an Edelputzbeständen möglich sind. Dies wird dadurch bestätigt, dass unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten vier befinden, deren Oberflächen mit dieser Technik ausgeführt wurden.

→ Objekt-Nr.: 2108, 2235, 4408, 2103

²¹⁶ Vgl. SCHÖNBURG (1991), S. 130.

²¹⁷ Vgl. SCHÖNBURG (2002), S. 135.

²¹⁸ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 66.

²¹⁹ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S. 135.

²²⁰ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S. 135.

²²¹ Vgl. DANZL (2003), S. 159.

²²² Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 66.

²²³ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 66.

- **Bildbeispiele**



Abb. 52: vertikal verschleppter Putz



Abb. 53: Bei dieser Variation ist kaum eine Bearbeitungsrichtung erkennbar.



Abb. 54: horizontal verschleppter Putz



Abb. 55: Variation des Schleppputzes mit stark hervor springendem, grobem Zuschlagskorn

1.3.5 Verriebene Putze

1.3.5.1 Reibeputz

- **Name und Synonyme**

verschiebter²²⁴, geriebener²²⁵, verriebener oder aufgezogener Putz²²⁶, Rauputz²²⁷, Filzputz^{228 & 229}, Glattputz oder Glättputz²³⁰, Feinputz²³¹, Vollabriebputz²³², körniger Putz²³³, Brett- oder Scheibenputz^{234 & 235}

- **Putztechnik**

Für einen Reibeputz wird der Mörtel im Rahmen der allgemeinen Verputzregeln nach Belieben stark angeworfen. Im angezogenen, noch feuchten Zustand wird er mit einem glatten, angenässten Holz- bzw. Filzbrett oder einer Glättkelle gleichmäßig in eine Richtung, horizontal oder vertikal verrieben. Dies geschieht so lange, bis eine einheitliche geschlossene Fläche entsteht. Ein kreisförmiges Reiben würde zu einem wolkigen Erscheinungsbild führen und ist daher nicht zu empfehlen.¹ Der Charakter des Putzes ist abhängig von der Körnung des Mörtelsandes.²³⁶ Bei besonders feinkörnigem Mörtel, der dicht verrieben wird, entsteht der sogenannte Vollabrieb-, Glatt- oder Glättputz. Bei einer eher inhomogenen Kornfraktion, also vereinzelt größerem Zuschlagskorn, entstehen die charakteristischen Oberflächen des Münchener Rauputzes (s. „*Münchner Rauputz*“). Die Bezeichnung Rauputz (oder auch Rauhputz geschrieben) findet in der Literatur eine uneinheitliche Verwendung. Teils steht sie für stark strukturierte Putze im Allgemeinen.^{237 & 238} Terranova dagegen führt unter der Bezeichnung „A-K-Rauhputz“ und „A-K-Rauhputz extra grob“ eine Mörtelmischung, die als Kratzputz verwendet werden sollte.²³⁹ Die Verwendung des Reibebrettchens gewinnt etwa seit dem 17. Jahrhundert im Zusammenhang mit der Herstellung planer Putzflächen an Bedeutung.²⁴⁰

- **Objektbeispiele**

Terranova führt die Reibeputztechnik teils in seinen Veröffentlichungen auf, was schon für eine häufigere Anwendung an Bauten mittels Edelputzen spricht und empfiehlt dafür die Nutzung der feinkörnigen und körnigen Produkt-Mischungen.²⁴¹ Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befinden sich acht Objekte mit feinkörnigem Reibeputz, also Glattputz-Variationen. → *Objekt-Nr.: 3103, 4205, 4209, 4215, 5207, 7004, 2588, 3201*

²²⁴ Vgl. BEHRINGER (1968), S. 59.

²²⁵ Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 15.

²²⁶ Vgl. GESELL (1943), S. 53ff.

²²⁷ Vgl. SIEDLER (1951), S. 122.

²²⁸ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

²²⁹ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

²³⁰ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

²³¹ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

²³² Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 15.

²³³ Vgl. KÖCKERITZ (1926), S. 872.

²³⁴ Vgl. SIEDLER (1951), S. 122.

²³⁵ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

²³⁶ Vgl. SIEDLER (1951), S. 123.

²³⁷ Vgl. CLAS (1926), S. 1041.

²³⁸ Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 213.

²³⁹ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 5.

²⁴⁰ Vgl. PURSCHE (2003), S. 25.

²⁴¹ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 15.

- **Bildbeispiele**



Abb. 56: verriebener Glattputz am Goethe-Gymnasium in Berlin. (Objekt-Nr.: 4320)



Abb. 57: verriebener Glattputz am Goethe-Gymnasium in Berlin. (Objekt-Nr.: 4320)

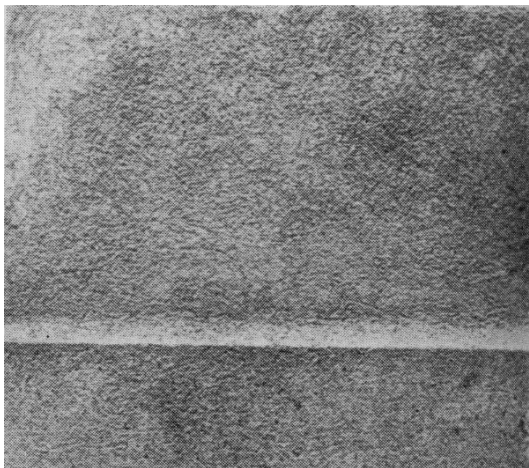


Abb. 58: verriebener Glattputz



Abb. 59: waagrecht abgeriebener Putz mit vereinzelt leicht größerem Zuschlagskorn

1.3.5.2 Münchner Rauputz

- **Name und Synonyme**

Münchner Rauputz²⁴², Rillenputz²⁴³, verriebener Rauputz²⁴⁴, gerade gerieben auch Altdeutscher Putz²⁴⁵, Münchner Schieber in Tirol, Schieber in Oberösterreich, Stesser im Burgenland²⁴⁶, Raupenputz²⁴⁷, Madenputz oder Wurmputz²⁴⁸

- **Putztechnik**

Bei den Münchner Rauputzen (teilweise auch Münchner Rauputze oder Münchener Rauputze geschrieben²⁴⁹) handelt es sich um eine Sonderform des Reibeputzes mit inhomogener Kornfraktion, also vereinzelt größerem Zuschlagskorn. Hierfür wird der Putz in zwei Lagen aufgebaut. Der Mörtel des Unterputzes muss nach dem Anwerfen oder Aufspritzen ebenflächig, aber noch ausreichend rau abgezogen werden. Möglichst am darauf folgenden Tag, wenn der Putz neben der mechanischen auch noch eine chemische Bindung mit dem Oberputz aufbauen kann, wird eine voll deckende Lage angetragen.²⁵⁰ Die Auftragsstärke richtet sich dabei nach der jeweiligen Korngröße.²⁵¹ Nun wird diese mittels Reibebrett waagrecht, senkrecht oder kreisförmig verrieben. Dabei rollen die Körner auf dem Unterputz und hinterlassen die charakteristischen Rillen im Putzgefüge.²⁵² Auf diese Weise ist wohl auch die Bezeichnung Rillenputz entstanden²⁵³. Die Bezeichnung Wurm-, Maden- oder Raupenputz beschreibt eine dem Münchner Rauputz gleiche Herstellungstechnik, scheint sich aber laut Schönburg durch das in der Richtung ständig wechselnde kurze, runde Reiben abzugrenzen und ergibt so ein dichtes Netz kurzer, wurmartiger Spuren im Putzsystem.²⁵⁴ Terranova selbst macht zwischen dieser Technik und dem herkömmlichen Münchner Rauputz keinen Unterschied.²⁵⁵ Das Aussehen der Münchner Rauputze, besonders die gerade verriebenen Flächen, ähnelt denen des Schleppputzes, besitzt aber durch das Verreiben ebenere Höhungen und ist stärker verdichtet. Die der Schleppputze wirken unruhiger und tropfenartiger (s. „Schleppputz“). Narjes gibt für die Münchner Rauputze eine Verbrauchsmenge von ca. 50kg Trockenmörtel auf 5-7qm Fläche an.²⁵⁶ Sie erzeugen eine kräftige Belebung der Putzfläche²⁵⁷, welche verstärkt im bayerischen Raum zur Anwendung kam. Dies könnte auch zu dieser Bezeichnung geführt haben.²⁵⁸

²⁴² Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 8.

²⁴³ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 19.

²⁴⁴ Vgl. SIEDLER (1951), S. 122.

²⁴⁵ Vgl. DANZL (2003), S. 159.

²⁴⁶ Mitteilung von Hannes Weissenbach via E-Mail, 11/ 2012.

²⁴⁷ Vgl. NARJES (1929), S. 4ff.

²⁴⁸ Vgl. BEHRINGER (1968), S. 82.

²⁴⁹ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 8.

²⁵⁰ Vgl. SCHÖNBURG (1991), S. 128.

²⁵¹ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 19f.

²⁵² Vgl. SCHÖNBURG (2005), S. 135.

²⁵³ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S.135.

²⁵⁴ Vgl. SCHÖNBURG (1991), S. 138.

²⁵⁵ Vgl. TERRANOVA (1958), S.14.

²⁵⁶ Vgl. NARJES (1929), S. 4.

²⁵⁷ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 19f.

²⁵⁸ Vgl. SCHÖNBURG (2005), S. 135.

-

- **Objektbeispiele**

Terranova führt diese Technik in seinen Veröffentlichungen auf, was schon für eine häufigere Anwendung an Bauten mittels Edelputzen spricht und empfiehlt dafür die Nutzung einer gesonderten Produktmischung in mittlerer und grober Körnung.²⁵⁹ Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten weist ein Großteil der Gebäude der Hufeisensiedlung Fassaden in dieser Technik auf.

→ Objekt-Nr.: 1200

- **Bildbeispiele**



Abb. 60: Münchner Rauputz rund verrieben



Abb. 61: Münchner Rauputz waagrecht verrieben



Abb. 62: Münchner Rauputz rund verrieben



Abb. 63: Münchner Rauputz senkrecht verrieben

²⁵⁹ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 15.

1.3.5.3 Nesterputz

- **Name und Synonyme**

Nesterputz²⁶⁰

- **Putztechnik**

Bei Nesterputz handelt es sich um eine Sonderform des Reibeputzes. Die Herstellung ähnelt dem des Münchner Rauputzes (s. „*Münchner Rauputz*“). Der gut kellengängige Oberputz in feiner bis mittlerer Körnung wird hier allerdings in Klecksen ca. 10 bis 15mm stark²⁶¹ angetragen, welche dann mittels Verreiben teils verbunden werden.²⁶² Dabei werden die vorstehenden Anteile glatt gerieben, wohingegen die zurück liegenden Bereiche nesterartig stehen bleiben. „*Durch diese Unregelmäßigkeiten entsteht eine ähnlich, natürliche Schönheit, wie sie der Travertin aufweist, ohne dieses Naturgestein jedoch im Geringsten nachzuahmen.*“²⁶³

- **Objektbeispiele**

Danzl führt den Nesterputz unter den üblichen Putzstrukturen auf, die an Edelputzbeständen möglich sind.²⁶⁴ Auch Terranova empfiehlt diese Technik für die Anwendung an Edelputzen, welche am besten mittels „Terranova-Spritzputzmaterial“ auszuführen ist.²⁶⁵ Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich allerdings kein Objekt mit dieser Technik.

- **Bildbeispiele**

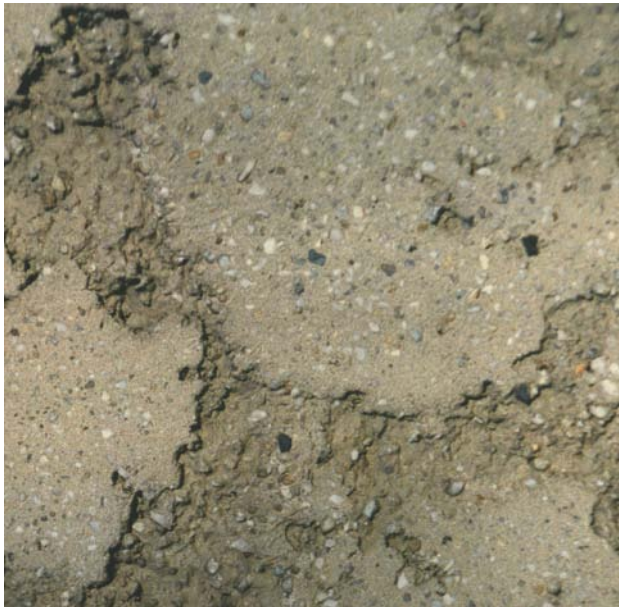


Abb. 64: Nahaufnahme des Nesterputzes



Abb. 65: Terranova-Nesterputz

²⁶⁰ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 7.

²⁶¹ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 63.

²⁶² Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S.7.

²⁶³ S. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. VIII.

²⁶⁴ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

²⁶⁵ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 7.

1.3.6 Gekratzte Putze

1.3.6.1 Kratzputz

- **Name und Synonyme**

Kratzputz²⁶⁶ & ²⁶⁷, Stockputz²⁶⁸, gestockter oder geschabter Putz²⁶⁹

- **Putztechnik**

Für die Kratzputztechnik wird auf den teils festen und vorgehästeten Unterputz der Oberputz lot- und fluchtgerecht aufgezogen, verrieben und je nach Witterung für 12-36 Stunden stehen gelassen, so dass er seine anfangs schmierige Konsistenz verliert und eine erste Sintherhaut aufbaut. Mittels Nagelbrett (Putzigel), Stahlnagelkartätsche, Sägeblatt, Ziehklinge oder ungezahntem Stahlblech²⁷⁰ wird nun die gebildete Sintherhaut vorsichtig flächendeckend zu einer geschlossenen, einheitlichen Fläche abgekratzt, ohne dabei Löcher zu reißen. Der Hersteller Terranova empfiehlt, den Moment dafür dann zu wählen, „[...]wenn die Ziehklinge gut angreift und die Körnung gleichmäßig ausspringt.“²⁷¹ und die Putzfläche unmittelbar nach der Fertigstellung mit einem weichen Besen so abzubürsten, dass lose anhaftende Zuschlagskörner nicht mit abbinden können²⁷².

Das Abkratzen der Sintherhaut erzeugt eine stärkere Freilegung der kristallinen Struktur und der ausgewählten Zuschlagsstoffe, wie bestimmten Sanden und Glimmer, und verstärkt so z.B. den Glitzereffekt von Edelputzflächen.²⁷³ Ein feinkörniger Kratzputz sollte eine Antragsstärke von 5-6mm besitzen, ein körniger dagegen bis hin zu 7-8mm und ein grobkörniger 10-12mm.²⁷⁴ Gasch und Glaser unterscheiden zwischen traditionellem Kratzputz und dem Edel-Kratzputz. Der historische Kratzputz tritt bereits im 14. Jahrhundert bei einzelnen Putzornamenten und Friesen an Gesimsen auf, die mittels Schablonen erzeugt wurden. In dieser Zeit kommen sie, abhängig von Untergrund und den Zuschlagsstoffen, ein- oder zweilagig vor. Mit den industriell hergestellten Edel-Kratzputzen ab Beginn des 20. Jahrhunderts hat sich dagegen die zweilagige Durchführung durchgesetzt. Er besitzt eine fast vollständig gleichmäßige Erscheinung, die durch eine gewisse Abwitterung noch etwas kristalliner erscheint.²⁷⁵

- **Objektbeispiele**

Der Kratzputz ist die wohl am häufigsten verwendete Putztechnik für die Gestaltung von Edelputzflächen. Terranova empfiehlt für diese Technik die drei Mörtelmischungen Terranova feinkörnig, körnig oder grobkörnig und nennt die Techniken dementsprechend „feingestockter-, gestockter- und grobgestockter Terranova-Putz“.²⁷⁶ Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten weist der Großteil mit 35 Objekten eine Kratzputz-Technik auf. → *Objekt-Nr.: 1100, 1200, 1400, 1500, 2206, 2225, 2301, 2501, 2587, 2506, 3202, 2558, 2559, 2570, 2586, 4006, 4210, 4212, 4302, 4311, 5104, 6102, 6104, 6106, 6107, 7009, 1700, 4409, 2591, 2588, 2502, 5030, 7011, 4410, 4302*

²⁶⁶ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S.1ff.

²⁶⁷ Vgl. BEHRINGER (1968), S. 58f.

²⁶⁸ Vgl. DETTMERING/KOLLMANN (2001), S. 87.

²⁶⁹ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 10f.

²⁷⁰ Vgl. BOUÉ (2001), S. 71.

²⁷¹ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 13.

²⁷² Vgl. Terranova- Industrie (Hrsg.), S. 19.

²⁷³ Vgl. DANZL (2003), S. 148.

²⁷⁴ Vgl. Terranova- Industrie (Hrsg.), S.17ff.

²⁷⁵ Vgl. GASCH/GLASER (2011), S. 41.

²⁷⁶ Vgl. TERRANOVA (1958.), S. 12ff.

- **Bildbeispiele**



Abb. 66: Terranova - feinkörniger Kratzputz



Abb. 67: Terranova - körniger Kratzputz



Abb. 68: Terranova - grobkörniger Kratzputz



Abb. 69: Kratzputz an der Villa „Baurat Walther“ Berlin (Objekt-Nr.: 2506)



Abb. 70: Kratzputz am sog. „Langen Jammer“, Siemensstadt in Berlin (Objekt-Nr.: 1100)

Abb. 71: Putzwerkzeug zum Herstellen von Kratzputz, 1920er Jahre, Deutsches Museum, Firmenarchiv

Terranova - Putzwerkzeug.

Die beliebteste und verbreitetste Fassadenputztechnik dürfte wohl zweifellos der Kratzputz sein. Zur Herstellung dieser Art wird der Mörtel, nachdem er gleichmäßig an die Wandfläche angetragen worden ist und genügende Härte erlangt hat, mit einem Werkzeug bearbeitet, um die äußere unklare Schicht, die bei dem flüchtigereichten Verreiben des Terranova-Mörtels entsteht, abzukratzen und durch Auspringen der Körner die Wirkung eines gestrichelten Putzes zu erreichen. Hierdurch werden die erwünschten klaren Farbnuancen, guten Kornwirkungen und bessere Luftdurchlässigkeit (Porosität) erzielt.

Ursprünglich benutzte man den Rand der Handkeule dazu, um die Fassadenfläche derartig abzukratzen. Später kam als verbessertes Werkzeug das sogenannte „Sägeblatt“ aus Stahlblech in Gebrauch, mit dem schon wesentlich leichter die erstrebten Kornwirkungen herbeigeführt werden konnten, weil der gezackte Rand besser die weichen Mörtelschichten herauskratzt, während gleichzeitig die größeren Körner haften blieben. Dieses Sägeblatt hat allerdings den Nachteil, daß es verhältnismäßig rasch zur Ermüdung des Putzers führt, weil es bei der Bearbeitung des Mörtels nicht bequem in der Hand liegt; ferner können auch nur schmale Flächen damit erlöst werden. Solchen Übelständen hilft das

**Terranova-
Putzwerkzeug
D. R. P.**

in vorzüglicher Weise ab. Wie aus der Abbildung zu ersehen ist, besteht es aus einer Holzfläche, die mit spitzen Stahlnägeln besetzt und gleichzeitig mit einem Lederriemen versehen ist, sodaß es bequem wie eine Kartusche in die Hand genommen werden kann. Ferner ermöglicht die größere Wirkungsfäche des Werkzeuges auch ein viel rascheres Arbeiten, sodaß bei einem geringeren Kraftaufwande ein Vielfaches der Leistung gegenüber den bisherigen alten Methoden erzielt wird. Tausende von Putzwerkzeugen sind bereits in Gebrauch und überall werden sie als ein großer Fortschritt begrüßt. Eine zweite Ausführung des Terranova-Putzwerkzeuges zeigt unten der Stahlhändler. Diese eignet sich besonders zur Herstellung von feinkörnigem Putz.

Soweit Sie nicht bereits regelmäßig unsere Terranova-Putzwerkzeuge verwenden, empfehlen wir Ihnen, diese in Zukunft für Kratzputzarbeiten zu benutzen; denn Sie werden selbst den größten Vorteil davon haben. Sie bringen Ihnen Ersparnis an **Zeit** und **Arbeit** und damit **höheren Verdienst**. Die Terranova-Putzwerkzeuge sind überall durch unsere Verkaufsstellen oder deren Verrechnungen zu beziehen.

Terranova- und Steinputzwerke, Düsseldorf

1.3.6.2 Messelputz

- **Name und Synonyme:**

Messelputz²⁷⁷

- **Putztechnik**

Bei Messelputz handelt es sich um einen Kratzputz, der nach dem Anziehen bewusst unregelmäßig und unvollständig in verschiedenen Richtungen abgekratzt wird, so dass die Sinterhaut hier und dort stehen bleibt und der Fläche ein belebtes Aussehen verleiht.²⁷⁸ Clas beschreibt den Messelputz allerdings als eine Abart des Kratzputzes, die gleichmäßiger in ihrer Struktur erscheint und ein steinähnliches Äußeres besitzt.²⁷⁹ Da diese Putztechnik nur selten in der Literatur erwähnt wird und auch kein Bildmaterial zum Vergleich zur Verfügung steht, können diese beiden Aussagen nicht weiter überprüft werden.

- **Objektbeispiele**

Unter den vorgestellten Objekten befindet sich keines, welches diese Technik aufweist.

²⁷⁷ Vgl. DANZL (2003), S. 153.

²⁷⁸ Vgl. DANZL (2003), S. 159.

²⁷⁹ Vgl. CLAS (1926), S. 3.

1.3.7 Steinputztechniken

1.3.7.1 Steinmetzmäßige Bearbeitungen & Waschputze

- **Putztechnik**

Zur Anwendung kommen bei diesen Putztechniken nur Zement- oder Kalk-Zementmörtel, die einen wesentlich höheren Härtegrad aufweisen. Sie werden vor allem für die Herstellung einzelner Architekturelemente oder für besonders beanspruchte Flächen, wie Sockelzonen eingesetzt. Häufig dienen diese Putztechniken zu Imitationszwecken von Naturstein-Oberflächen²⁸⁰. Die Anwendung mittels Edelputzen schließt sich daher aus. Da sie aber zur Gattung der farbigen Trockenmörtel gehören, sollen sie hier kurz zusammenfassend aufgeführt werden.

Bei dem Waschputz werden die Zuschlagsstoffe durch kontrolliert intensives Abwaschen freigelegt. Das Bindemittel darf dafür noch nicht erhärtet sein und wird nach ca. zwei bis vier Stunden mit einem Schwamm oder einer Streichbürste und Wasser abgenommen. Das Waschen erfolgt in mehrmaligen Arbeitsschritten mittels Kreisbewegungen, bis die Zuschlagskörner so frei liegen, dass sie gut sichtbar heraus stehen, aber nicht weniger, als bis zur Hälfte im Mörtelbett liegen.²⁸¹ Der Hersteller Terranova bot für diese Putztechnik spezielle Mörtelprodukte mit dem Namen „Grana- Waschputz“ an.

Die ausgehärteten Steinputze wurden fast immer mit traditionellen Steinmetz-Werkzeugen, wie Spitz-, Schlag-, Zahn- und Scharriereisen, Bossierhammer usw. bearbeitet, so dass sie das Aussehen von bearbeiteten Natursteinoberflächen erlangten.²⁸² Dazu wurden wiederum spezielle Produkte der Reihe K-Steinputz angeboten.

- **Objektbeispiele**

Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befinden sich 10 Objekte mit Steinputzbeständen.

→ Objekt-Nr.: 3101, 4215, 4405, 5207, 7010, 2235, 3010, 6004, 7011, 4302

²⁸⁰ Vgl. LADE/WINKLER (1936), S. 22.

²⁸¹ Vgl. SPIRO/GÖHLER/GÖNÜL (2012), S. 17.

²⁸² Vgl. LADE/WINKLER (1936), S. 74.

- **Bildbeispiele**

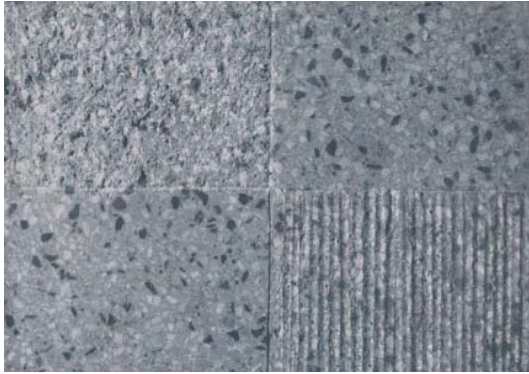


Abb. 72: Steinputz geschliffen, gestockt und scharriert

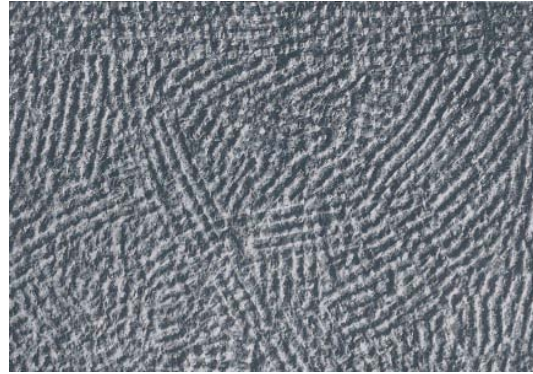


Abb. 73: mit Zahneisen bearbeitet



Abb. 74: Hohlkehlen schachbrettartig angelegt



Abb. 75: überschliffen als Muschelkalk- Imitation



Abb. 76: Rautenförmig bearbeitet



Abb. 77: mit Spitzmeißel bearbeitet



Abb. 78: Grana Waschputz mit hell hervor stehendem Zuschlagskorn



Abb. 79: Grana Waschputz mit farbl. weniger kontrast. Bindemittel-Zuschlagverhältnis

1.3.8 Sonderformen der Putztechniken

1.3.8.1 Künstlerische Sondertechniken

- **Putztechnik**

Als Sonderformen der in Frage kommenden, künstlerischen Putztechniken zur Oberflächengestaltung von Bauwerken können die Putzritzung, das Sgraffito, der Putzschnitt, und die Putzintarsie genannt werden. Auf diese Weise lassen sich einfache ornamentale Strukturen bis hin zu komplizierten Motiven mit teils hohem künstlerischen Wert an Fassaden erzeugen. Dabei können und wurden die verschiedenen Techniken teils miteinander kombiniert.

Für das Anlegen eines Sgraffitos werden in einem ersten Arbeitsschritt mehrere verschiedenfarbige Putzschichten übereinander angelegt. Ist die Oberfläche bearbeitungsfähig, so können durch sauberes Auskratzen von Material, die tiefer liegenden andersfarbigen Putzschichten freigelegt werden.²⁸³ Die Mehrfarbigkeit eines Sgraffitos ist abhängig von der Anzahl der aufgetragenen Putzschichten.

Das Sgraffito ist die komplexere Version der einfachen Putzritzung. Diese erfolgt innerhalb einer Putzschicht und ergibt einfarbige Zierstrukturen.

Bei der sogenannten Putzintarsie trägt man andersfarbigen Mörtel in einen (bereits angezogenen) ausgesparten oder herausgearbeiteten Putzabschnitt an und arbeitet anschließend sämtliche Abschnitte plan zu einer Fläche ab. Dies kann z.B. mittels Putzigel erfolgen. So entsteht eine in der Farbe variierende, aber einheitlich strukturierte, ebene Oberfläche.²⁸⁴

Bei der Putzplastik handelt es sich um das Auf- und Antragen von Mörtel für eine beabsichtigte, plastische Wirkung auf einen entsprechend vorbereiteten Untergrund.²⁸⁵

- **Objektbeispiele**

Der Hersteller Terranova führt die Sgraffito-Technik regelmäßig in seinen Broschüren unter „Terranova als Sgraffito“ auf²⁸⁶ und vermerkt: *„Erfreulicherweise kann festgestellt werden, daß die hohe Kunst der Sgraffito-Technik, ornamental und figürlich gestaltet, nunmehr wieder auflebt und unter Verwendung von hochwertigem Terranova-Material bereits in einer Vielzahl staatlicher, städtischer und privater Bauten Berücksichtigung fand. Entsprechende Objekte, von großen Künstlern gestaltet, können jederzeit namhaft gemacht werden.“*²⁸⁷ Tatsächlich nahm die Tendenz zu den bauteilbezogenen Fassadenbildern vom Wiederaufbau der Nachkriegszeit bis zum Ende der sechziger Jahre als sog. „Kunst am Bau“ zu. Sie waren an Seitenfronten, Treppenhausfassaden, Erkern, sowohl im Einzel- als auch im Massenwohnungsbau zu finden.²⁸⁸ In den Veröffentlichungen der Terranova-Industrie werden hierbei weiter die sog. Antragsarbeit oder Putzplastik mittels Edelputzen erwähnt.

Unter den im Objektkatalog vorgestellten Objekten befindet sich ein Objekt, welches eine Sgraffito-Arbeit aufweist. Dabei handelt es sich um das sog. „Haus der Offiziere“ (s. *Objekt-Nr.: 4601*). Bezüglich der Antragsarbeiten ist außerdem teils schwer an den Objekten zu beurteilen, ob es sich hier um eine mit Edelputzen überzogene, ältere Stuckarbeit, oder eine reine Edelputz-Antragsarbeit handelt.

²⁸³ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 30.

²⁸⁴ SCHÖNBURG (2007), S. 189.

²⁸⁵ Ebenda.

²⁸⁶ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 31.

²⁸⁷ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 22.

²⁸⁸ Vgl. DANZL (2003), S.153.

- **Bildbeispiele**



Abb. 80: Terranova-Sgraffito



Abb. 81: Terranova-Sgraffito



Abb. 82: Terranova-Plastik



Abb. 83: Erhabene Putzverzierung



Abb. 84: Kratzputzintarsien

1.3.8.2 Fugenmaterial

Die Verwendung von farbigem Fugenmörtel in Backstein- und Klinkerfassaden war von der ausgehenden Gründerzeit über die Großsiedlungen der zwanziger Jahre bis hin zu den sechziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts weit verbreitet.²⁸⁹ Der Hersteller Terranova führte eigene Produkte unter dem Titel „Terranova-Ausfugematerial“, welches er neben den geeigneten technischen Anforderungen an solch einen Mörtel mit einer Möglichkeit der farbigen Belegung des Mauerwerkes bewarb. Mit 50kg Ausfugemörtel seien so je nach Tiefe und Breite der Fugen etwa 10qm Fassadenfläche verputzbar.²⁹⁰ Ein bis heute vorhandenes Beispielobjekt stellt die Villa Vehse in Elster²⁹¹ dar, die im Rahmen der Diplomarbeit Claudia Vollmanns 2001 bearbeitet wird.

- Bildbeispiele



Abb. 85 + Abb. 86: Aufnahmen des farbigen Fugenmörtels an der „Villa Vehse“ in Elster

²⁸⁹ Vgl. DANZL (2003), S. 149.

²⁹⁰ Vgl. TERRANOVA (1958), S. 23.

²⁹¹ S. VOLLMANN (2001).

1.4 Rezepturen von Kalk- und Zementmörteln

Die Erfindung der Trockenmörtel hatte die Folge, dass die Verwendung von handausgemischten Kalkmörteln oder Kalkzementmörteln heute längst nicht mehr die tägliche Praxis ist und viele Informationen deshalb verloren gingen. War der Maurer oder Putzer früher auch Hersteller, so ist er heute reiner Anwender. Dies gilt nicht nur für den konventionellen Bau, auch in Bausanierung und Denkmalpflege kommen oft vorkonfektionierte Mörtel zur Anwendung. Neben den verschiedenen, vor allem handwerkliches Geschick erfordernden Anwendungstechniken schließt der Verlust auch das Wissen um Rezepturen und Mischungsverhältnisse ein. In der bis 2005 gültigen DIN 18550 waren noch Mischungsverhältnisse für die Herstellung von Putzen aufgeführt. Hierbei handelte es sich um „bewährte Putzmörtel“, die auch als Baustellenmischung möglich waren. Die Angaben der DIN waren jedoch lediglich als Empfehlung anzusehen, da der benötigte Bindemittelanteil je nach dem verwendeten Gesteinskörnungsgemisch variiert. Eine ungünstige Korngrößenverteilung kann zu einer geringeren Putzgüte führen. So wird in der DIN als Mischungsverhältnis Luftkalk zu Sand 1:4,5 vorgeschlagen (Putzmörtel gemäß DIN 18550, Putzmörtelgruppe P Ia / Innenputz). Bedingung ist hier die Verwendung von sauberem Sand mineralischen Ursprungs der Korngruppe 0-2 mm als Zuschlag. Bei Verwendung von Sand der Korngruppe 0-1 mm beträgt das Mischungsverhältnis 1:4.²⁹²

Die ausführlichsten Anweisungen zum Mischen von Putzmörteln sind in den Publikationen von Karl Lade und Adolf Winkler²⁹³ zu finden, wobei es hier zwischen den Ausgaben von 1936, 1949 und 1952 z.T. kleinere, aber nicht wesentliche Abweichungen gibt. Nach der gängigen Literatur waren für Fassadenputze auch mit den damals verfügbaren Kalken Mischungsverhältnisse von 1:3 bis 1:4 üblich.

Eine Anweisung zum Mischen von Edelputzen findet sich explizit nur bei HASAK (1925), wo auch ein Mischungsverhältnis für Terrasit angegeben ist.

In älteren Publikationen erfolgen selten genauere Angaben zur Korngrößenverteilung der Zuschläge, obgleich es hierzu Vorschriften gab²⁹⁴. 1928 wurden vom Deutschen Institut für Normung Bezeichnungen der Körnungen für Sand bis zur Korngröße 2 mm und den Körnungen für Kies, Schotter, Grus, Splitt und Steinschlag (Körnungen über 2 mm) festgelegt.

Bezeichnung	Korngröße / Durchgang		Bezeichnung	Korngröße / Durchgang
Staubsand	< 0,06 mm		Mittelkiessand	< 15 mm
Mehlsand	< 0,088 mm		Kiessand I	< 30 mm
Feinsand	< 0,2 mm		Schotterkiessand	< 40 mm
Mittelsand I	< 0,6 mm		Feingrus	< 7,0 mm
Mittelsand II	< 1 mm		Mittelgrus	< 10,0 mm
Grobsand	< 3,0 mm		Grobgrus	< 15,0 mm
Feinkies	< 7,0 mm		Feinsplitt	< 20,0 mm
Mittelkies I	< 10,0 mm		Grobsplitt	< 30,0 mm
Mittelkies II	< 15,0 mm		Feinschlag bei Brechschotter	< 40,0 mm
Grobkies II	< 30,0 mm		Mittelschlag	< 50,0 mm
Schotterkies	< 40-70 mm		Grobschlag I	< 60,0 mm
Feinkiessand	< 7 mm		Grobschlag II	< 70,0 mm

Tabelle 1: Korngrößen nach Normblattentwurf DIN E 1179-1928²⁹⁵

²⁹² Vgl. Dietz, F.: Innenputz für historische Gebäude, in: Bausanierung, 1995. Und: DETTMERING/KOLLMANN (2012), S.72.

²⁹³ Karl Lade, Adolf Winkler, Die Putzarbeiten, Stuttgart 1936. Und: Dies., Putz, Stuck, Rabitz, Stuttgart 1952. Vor dem Erscheinen der Ausgabe von 1952 wurden die Gewerke in der Reihe „Architekt und Bauhandwerk“ einzeln verlegt unter den Titeln: Dies., Die Stuckarbeiten, Stuttgart 1936, und: Dies., Die Rabitzarbeiten, Stuttgart 1936, und: Dies., Schmiedearbeiten, Stuttgart 1936. 1956 erschien von den Autoren zusätzlich der Band „Ursachen der Putz- und Anstrichschäden“.

²⁹⁴ Vgl. LADE/WINKLER (1952), S. 14.

²⁹⁵ Tabelle nach O.V.: Normung, Körnung für Sand, Kies usw. werden genormt!, in: Die Bauzeitung : deutsche Bauzeitung : Fachzeitschrift für Architektur u. Bauwesen, Heft 2/1931, S. 25.

Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen der Edel- und Steinputze aus den Berliner Siedlungen der 1920er Jahre zeigten auch bereits gezielte Ausmischungen.²⁹⁶

Heute werden Bausande hauptsächlich nach Korngröße ausgesiebt verkauft. Übliche Korngruppen für Mörtelsande sind:²⁹⁷

Mörtel für	Korngruppe [mm]	
	Außenputz	Innenputz
Spritzbewurf	0/4*1), 0/8 *1)	0/4*1)
Unterputz	0/2, =-4	0/2, 0/4
Oberputz	Je nach Putzweise	0/1, 0/2

*1) Anteil an Größtkorn soll möglichst hoch sein

- **Max Hasak, Was der Baumeister vom Mörtel wissen muss, Berlin 1925.**

Putzart	Mischung / Raumteile
Kalkmörtel Mischungsverhältnis 1:2 bis 1:3 aus Weißkalk, Graukalk oder Wasserkalk bei maschineller Durcharbeitung evtl. 1: 4	1 Kalk, 2 bis 3 Sand (gewaschener Gruben- oder Flusssand)
Kalkmörtel Mischungsverhältnis der Berliner Mörtelwerke mit niederschlesischem oder Harzer Kalk Mischungsverhältnis 1:4,5	1 Kalk, 4,5 Sand

Tabelle 2: Materialverbrauch für 1 m³ Mörtel: 1,1 bis 1,2 m³ Sand.²⁹⁸

Obgleich bei HASAK als übliches Mischungsverhältnis für Weiß-, Grau- oder Wasserkalkmörtel mit 1:2 bis 1:4 angegeben ist, beschreibt der Autor eine deutliche magerere, materialfarbige „Idealmischung“ aus der Praxis wie folgt:

Oberputz aus 1 Teil natürlichem Wasserkalk und 6 Teilen gesiebttem, scharfen Elb- oder Oderkies; in einer Schichtdicke von 0,5 bis 1,5 cm mit der Handkelle auf einem 2 cm starken, noch frischen, nicht vollständig abgebundenen Unterputz aus 1 Teil hydraulischem Kalk und 6 Teilen besonders scharfem Sand angeworfen.²⁹⁹

Edelputze werden hier beschrieben als verlängerte Zementmörtel.

Mörtelart	Mischung / Raumteile
Edelputz	1/8 RT Portlandzement, 1 RT Kalk, 2 RT Sand, sowie Gesteinsmehl: Marmor, Glimmer, Serpentin u.a.)
Terrazit	1 RT Portlandzement, 1 RT trocken gelöschter Kalk, 2 RT Marmormehl, 4 RT Sand (Mischungsverhältnis 1:1:6 (=1:3))

Tabelle 3: Zusammensetzung von Edelputzen und Terrazit³⁰⁰

²⁹⁶ Vgl. Kapitel „Chemisch-physikalische Charakterisierung bauzeitlicher Materialien“

²⁹⁷ Tabelle nach: Zement-Merkblatt „Putz“, Hrsg. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Köln, o.J., S.2.

²⁹⁸ Tabelle nach HASAK (1925), S. 33

²⁹⁹ Dieser Putz soll an den 32000 qm der „Außenflächen des Neubaues des Geschäftsgebäudes für die Zivilabteilung des Landgerichts I und des Amtsgerichts I in Berlin“ angebracht worden sein. Architekt war Otto Schmalz. Vgl. HASAK (1925),S.48. Gemeint ist offenbar der ab 1900 hergestellte südliche Gebäudeteil des Amtsgerichts Mitte in der Littenstraße, Berlin-Mitte. Das Gebäude wird seit 1992 denkmalgerecht saniert.

³⁰⁰ HASAK (1925), S. 50.

• **Eduard Jobst Siedler, Die Lehre vom neuen Bauen, Berlin 1932.**

Mörtelart	Rezeptur
Innenputz Weißkalkmörtel	1 RT Kalk, 3 RT Sand
Verlängerter Zementmörtel für Innenputz	1 RT Zement, 1/2 RT Kalk, 5 RT Sand
Verlängerter Zementmörtel für Außenputz	1 RT Zement, 1 RT Kalk, 6 RT Sand
Bei Zugabe von natürlichen hydraulischen Zuschlägen wird 1 RT auf 8 Teile Sand gerechnet. Dies kann gemahlener Trass- oder Tuffstein oder feingemahlene Hochofenschlacke sein.	
Hydraulischer Kalkmörtel für Außenputz	1 RT Kalk (Bielefelder und Portaer Romanzement, Rüdersdorfer und Förderstädter hydraulische Kalke u.a.), 3-5 RT Sand
Zementmörtel für wasserdichten Innenputz	1 RT Zement, 2 RT Sand (ggf. Zugabe von Ceresit oder Tricosal)
Zementmörtel für wetterbeständigen Außenputz	1 RT Zement, 3 bis 4 RT Sand (ggf. Zugabe von Ceresit oder Tricosal)

Tabelle 4: Zusammensetzung von Putzmörteln ³⁰¹

• **Franz Hoffmann, Die Putztechnik, Berlin o.J. [ca. 1929]**

Bezeichnung	Stärke	Zement	Kalk	Sand	fertiger Mörtel	Mischungsverhältnis
Unterputz für Edelputz, verl. Zementmörtel	2,0 cm	1 RT	1 RT	6 RT		1:1:6
Wandputz, Kalkmörtel	1,5 cm	-	7	14	17	1:2
	2,0 cm	-	8	17	20	1:2,25
Wandputz, verl. Zementmörtel	1,5 cm	3	2	17	17	1,5: 1: 8,5
	2,0 cm	4	2	20	20	2: 1: 10
Wandputz, reiner Zementmörtel	1:2 bis 3	6	-	18		1:3
	1:2 bis 3	7	-	21		1:3
Fassadenputz, Kalkmörtel		-	10	21	25	1:2
Fassadenputz, verl. Zementmörtel		5	3	26	25	2,5: 1,5 :13
Fassadenputz, reiner Zementmörtel		9	-	26	25	1:2,5- 1:3,0
Spritzbewurf, Kalkmörtel		-	6	13	15	1:2 – 1:2,5
Rappputz, Kalkmörtel		-	5	11	13	1:2 – 1:2,5
Rappputz, verl. Zementmörtel		3	1	13	13	3: 1: 13
Rappputz, reiner Zementmörtel		4	-	13	13	1:3 – 1:3,5
Deckenputz auf einfacher Rohrung	ohne Gips mit 3l Gips		8	17	20	1:2 – 1:2,5
		3 Gips	7	14	17	1:2
Deckenputz auf doppelter Rohrung	mit 4l Gips	4 Gips	13	25	30	ca. 1:2
Deckenputz auf Pliesterlatten		-	9	37	45	1:4

Tabelle 5: Baustoffmengen für Putzmörtel / m²; Bedarf in Litern ³⁰²

Materialverbrauch bei Anwendung von Terranova-Edelputz:

1	Feingestockt, feinkörniger Mörtel bei ca. 5mm Auftragsstärke	3,5-4	m ²
2	Gestockt, körniger Mörtel bei ca. 6 mm Auftragsstärke	2,5-3	m ²
3	Grobgestockt, grobkörniger Mörtel bei ca. 10 mm Auftragsstärke	1,75-2	m ²
4	Historischer Put	4-5	m ²
5	Münchner Rauputz	5-7	m ²
6	Besen- oder Rillenputz je nach Auftragsstärke		
7	Kammputz je nach Auftragsstärke		
8	Glattputz, feinkörniger Mörtel	4-5	m ²
9	Spritzputz, Sondersorte (feinkörniger Terranova dafür nicht verwendbar)	8-10	m ²

Tabelle 6: Baustoffmengen für Terranovaputzmörtel – Ergiebigkeit je 50kg-Sack ³⁰³

³⁰¹ Tabelle nach SIEDLER (1932), S. 91.

³⁰² Tabelle nach Hoffmann, Franz: Die Putztechnik, Berlin o.J. [1929], S. 67 und S. 93.

Materialverbrauch bei Anwendung von Terrasit-Edelputz:

1	gestockt mit Feinkorn	4-5	m ²
2	gestockt mit Mittelkorn	2,5-3	m ²
3	gestockt mit Grobkorn	1,5-2	m ²
4	Messelputz	2-3	m ²
5	Waschputz	1,5-3	m ²
6	Filzputz	3-5	m ²
7	Kellenspritzputz	6-8	m ²
8	Besenspritzputz	8-10	m ²
9	Steinputz je nach Architektur und Körnung	1,5-3	m ²

Tabelle 7: Baustoffmengen für Terrasitputzmörtel – Ergiebigkeit je 50kg-Sack³⁰⁴

- **R. Schmiedel, H. Raddatz, Baukunde für Laien, Band 1: Grundlagen des Bauens. Rohbauarbeiten, o.J. [ca. 1948].**

Mengenverhältnisse für die Herstellung von Kalk- und Zementmörteln

	für Innenputz	für Außenputz
Luftmörtel	1:2	
Wasserkalkmörtel	1:2 bis 1:3	
Hydraulischer Kalkmörtel	1:4 bis 1:5	1:3 bis 1:4
Zementmörtel	1:2 bis 1:3	

- **Adolf Winkler, Neuzeitliche Fassadenputztechnik, Berlin 1929.**

Putzart	Mischung / Raumteile
Kalkmörtel Mischungsverhältnis 1:2,5 bis 1:3,5	1 Kalk, 2,5 bis 3,5 Sand (gereinigter, scharfer Sand)
Wird der pulverförmige Kalk zunächst mit der erforderlichen Sandmenge gut durchgemischt und dann das Wasser hinzugefügt, ergeben sich sehr gleichmäßige Mischungen. Wird Kalkteig verwendet, so muss dieser mind. 2 Monate eingesumpft gewesen sein.	

- **Erich Probst: Handbuch der Betonsteinindustrie, Halle a.S. ⁴1936**

Putzart	Mischung / Raumteile
Steinputz 1:1:1 oder 1:1: 1/3 : 2/3 1:2:2 1:3 1:2 1:4 für steinmetzmäßige Bearbeitung, 2-6 cm dick	1 Zement, 1 Sand, 1 grieß. Mehl 1 Zement, 1 Muschelkalksand, 1/3 Muschelkalkmehl 2/3 Sand 1 Zement, 2 Marmorsand, 2 Marmormehl 1 Zement, 3 rotes oder gelbes Sandsteinmehl, Zementfarbe 1 Zement, 2 grüner Marmorsand, Zementfarbe 1 Zement, 4 feine oder gröbere Körnungen

³⁰³ Tabelle nach HOFFMANN (1929), S. 67.³⁰⁴ Tabelle nach HOFFMANN (1929), S. 67.

- **Adolf Winkler, Die Putzarbeiten, Stuttgart 1949.**

Unterputz für Edelputz: 2cm dick als verlängerter Zementmörtel mit Portlandzement in der Mischung 1: 1 : 6 (Portlandzement : gut eingesumpfter, nichttreibender Weißkalk und lehmfreier scharfkörniger Sand.) Anstelle von Zement könne auch „Sackkalk bester Qualität, der frei von ungelöschten Teilchen sein muss, verwendet werden“.³⁰⁵

Unterputz für Steinputz: 1,5 cm dick als reiner Zementmörtel mit Portlandzement in der Mischung 1:3.³⁰⁶

Putzart	Mischung / Raumteile
Reiner Kalkmörtelputz	1 Kalk (Sumpfkalk), 2,5 bis 3,5 Sand
Reiner Zementmörtelputz (Sockelputz oder Unterputz für Steinputz) Für bes. Widerstandsfähigkeit oder Wasserdichte (2,5-3cm stark) Anmerkung: größerer Sandzusatz als 1:4 für Putze ungeeignet	1 Zement, 3 bis 4 Sand 1 Zement, 1 bis 2 Sand
Verlängerter Zementmörtelputz / Kalkzementmörtelputz (Für Keller- und Außenputze sowie als Unterputz für Edelputze)	1 Kalk (Sumpfkalk), 1 Zement, 6 Sand oder 1 Kalk (Sackkalk), 2 Zement, 9 Sand

Tabelle 8: Mischungen für Kalk- und Zementputze nach Winkler³⁰⁷

- **Karl Lade, Adolf Winkler, Putz, Stuck, Rabitz, Stuttgart 1952.**

Anmerkung „Sackkalk“ ist eigentlich keine zulässige Bezeichnung, da sie keinen Aufschluss gibt über Form und Art des gelieferten Kalks; es müssen Kalkart (Weißkalk, Dolomitkalk, Wasserkalk, hydraulischer oder hochhydraulischer Kalk und Romankalk) sowie die Bezeichnung „ungelöscht“ oder „gelöscht“ vermerkt sein.

Kalke im Handel: gemahlener Branntkalk, Kalkbrei oder Kalkteig (gelöschter und eingesumpfter, vorwiegend aus Stückkalk hergestellter Weißkalk / Fettkalk oder aus gem. Branntkalk durch Ablöschen hergestellter Kalkbrei), Löschkalk bzw. Kalkhydrat (im Kalkwerk zu feinstem Pulver trocken gelöschter Kalk). Nach der hier zitierten „DIN 1060 darf pulverförmig gelöschter Kalk zur Vermeidung von Klumpenbildung bis zu 10% ungelöschte Bestandteile (CaO und MgO ..) enthalten“.³⁰⁸

Ergiebigkeit beim Ablöschen von Kalk (durchschnittlich für 5 kg gebranntem Kalk):

Weißkalk: 11 Liter Kalkteig

Dolomitkalk: 11 Liter Kalkpulver eingelaufen

Wasserkalk: 7 Liter Kalkpulver eingelaufen

Zuschlagstoffe / Sande

Kornbeschaffenheit und Größe	Grobkörnig 3-7 mm	Mittelkörnig 1-3 mm	Feinkörnig 1-0,2-1 mm	Mehlig 0-0,2 mm	Gesamt
	Anteil in Prozent				
Für alle Mörtel geeignet	40	36	12	12	100
Für Kalkmörtel noch brauchbar	25	35	22	18	100
Für Zementmörtel noch brauchbar	0	30	45	25	100
Zu fein - unbrauchbar	0	0	65	35	100

Tabelle 9: Beurteilung von Sanden verschiedener Kornzusammenstellungen für Mörtel nach MPA TH Stuttgart³⁰⁹

³⁰⁵ WINKLER (1949) S. 34.

³⁰⁶ Ebenda, S. 38.

³⁰⁷ Ebenda S. 32f.

³⁰⁸ Vgl. LADE/WINKLER (1952), S. 14.

³⁰⁹ Ebenda, S. 26

Natürlich vorkommender Sand wird hier als für die Putzmörtelherstellung zu fein bezeichnet, weshalb Putzzuschläge durch Mischen verschiedener Korngröße künstlich hergestellt werden müssen. Staatliche Stellen schrieben deshalb oft Sieblinien für die Kornzusammensetzung vor, während die Edelputzmörtelindustrie diese Mischungen in den fertig zubereiteten Trockenmörteln bereits zusammengestellt habe.³¹⁰ Als generelles Mischungsverhältnis für Kalk- und Zementmörtel wird hier 1:3 angegeben.³¹¹

Übersicht Mörtelmischungen Lade, Winkler (1951)

Putzart	Mischung / Raumteile
Weißkalkmörtel (nur für Innen empfohlen; für Außenputze sollte immer ein Zusatz von Portlandzement erfolgen) - Mischungsverhältnis 1:3 Für 1 m ³ Mörtel	1 Kalk (Sumpfkalk), 3 Sand 320 l Kalkteig oder Kalkpulver, 960 l trockener Flusssand und 145 bzw. 280l Wasser
Zubereitung: Der Weißkalk wird im Anmachwasser aufgelöst und dann die nötige Sandmenge zugegeben. Für Innenputz kann dem Flusssand auch Grubensand beigemischt werden. Dem Weißkalkmörtel wird bei Innenputzarbeiten zur Verbesserung der Haftung und zur Beschleunigung des Abbindens 10% der Kalkmasse Gips zugesetzt.	
Dolomitkalkmörtel (nur für Innen empfohlen; für Außenputze sollte immer ein Zusatz von Portlandzement erfolgen) - Mischungsverhältnis 1:3 Für 1 m ³ Mörtel	1 Kalk (Kalkhydrat), 3 Sand 320 l Kalkpulver, 960 l trockener Flusssand und 280l Wasser
Zubereitung: Der Löschkalk kann entweder im Anmachwasser aufgelöst oder zuerst dem Sand trocken untergemengt werden. Für Innenputz kann dem Flusssand auch Grubensand beigemischt werden. Dem Dolomitkalkmörtel wird bei Innenputzarbeiten zur Verbesserung der Haftung und zur Beschleunigung des Abbindens 10% der Kalkmasse Gips zugesetzt.	
Wasserkalkmörtel (für feuchte, nasse Räume und für Außenputze) - Mischungsverhältnis 1:3 Für 1 m ³ Mörtel	1 Kalk (Kalkhydrat), 3 Sand 320 l Kalkpulver, 960 l trockener Flusssand und 280l Wasser
Zubereitung: Die Zubereitung erfolgt je nachdem, ob der Kalk in gelöschter, teilweise gelöschter oder ungelöschter Form vorliegt.	
Hydraulischer Kalkmörtel (für hohe Widerstandsfähigkeit gegen Stoß und Abnutzung sowie gegen Waser- und atmosphärische Einflüsse) - Mischungsverhältnis 1:3 Für 1 m ³ Mörtel	1 Kalk (Kalkhydrat), 3 Sand 320 l Kalkteig oder Kalkpulver, 960 l trockener Flusssand und 280l Wasser
Zubereitung: Die Zubereitung erfolgt wie beim Dolomitkalkmörtel.	
Stroh-, Heu- und Haarkalkmörtel (Hauptsächlich zum Ausdrücken der Spalier- oder Holzstabgewebe-Decken) - Mischungsverhältnis 1:2,5 Für 1 m ³ Mörtel	1 Kalk (Sumpfkalk), 2,5 Sand und Stroh oder Kälberhaare 370 l Kalkteig, 890 l Grubensand, 18 kg Heu oder Stroh bzw. 5 kg Kälberhaare und 100l Wasser
Zubereitung: Stroh und Heu werden mit dem Beil gehackt und unter den Mörtel gemischt. Haare müssen mit der Maschine gerissen oder geklopft und dann in sämiger Kalkmilch gelöst werden.	

Tabelle 10: Rezepturen für Putzmörtel mit Zement und Kalk.³¹²

³¹⁰ LADE/WINKLER (1952), S 27.

³¹¹ Ebenda, S 28.

³¹² Tabelle nach LADE/WINKLER (1952) S. 29-33. In der Ausgabe von 1936 (Putzarbeiten) sind z.T. leicht abweichende Rezepturen angegeben, s. gesonderte Anmerkungen.

Putzart	Mischung / Raumteile
Zementmörtel Mischungsverhältnis 1:3 ³¹³ Für 1 m ³ Mörtel	1 Portlandzement, 3 Quarzsand 333 Zement, 1000 Sand und 236 Wasser
Zubereitung: Sand und Zement werden zunächst trocken so lange gemischt, bis eine gleichmäßige Masse entstanden ist. Die für die jeweilig gewünschte Konsistenz nötige Wassermenge wird dann langsam, bei ständigem Durcharbeiten, zugesetzt. Dem Zementmörtel können besondere Dichtungsmittel zur Erhöhung der Wasserdichtigkeit zugesetzt werden. Verarbeitungszeit: je nach Jahreszeit 1 bis 2 Stunden.	
Zementkalkmörtel bzw. verlängerter Zementkalkmörtel (hauptsächlich für Außenputz als Ober- oder Unterputz oder in Verbindung mit Edel- oder Waschputzen, wetterbeständig) Mischungsverhältnis 1:4:12 oder 1:1:6 ³¹⁴ Für 1 m ³ Mörtel im Mischungsverhältnis 1:4:12 Für 1 m ³ Mörtel im Mischungsverhältnis 1:1:6 ³¹⁵	1 Portlandzement, 4 Kalk (Weißkalk, Dolomitkalk oder Wasserkalk), 12 Flusssand (möglichst Quarzsand) 80 Zement, 320 Kalk, 1000 Sand 167 Zement, 167 Kalk, 1000 Sand
Zubereitung: 1) Sand und Bindemittel werden zunächst trocken so lange gemischt, bis eine gleichmäßige Masse entstanden ist und dann mit Wasser angerührt (bei Verwendung von Löschkalk / Pulver). 2) Beide Bindemittel (bei Verwendung von Sumpfkalk und Branntkalk zwingend) werden getrennt im Anmachwasser aufgelöst und dann der Sand zugegeben. Die nasse Mischung ist dabei vorzuziehen, da hier der Sand nicht unbedingt trocken sein muss und eine schnellere Lösung der Bindemittel erfolgt.	
Weißer Zementkalkmörtel (als Oberputz in ca. 0,5 bis 1 cm Stärke) – Mischungsverhältnis 1:1:5-7 bei hohen Ansprüchen an Festigkeit und Widerstandsfähigkeit Mörtel für 1 m ² im Mischungsverhältnis 1:1:5-7 Mörtel für 1 m ² im Mischungsverhältnis 1:2:7-9 ³¹⁶ 1m ² Spritzputz (nach 1936 und 1952) 1m ² Münchner Rauputz oder Kratzputz (nach 1936 und 1952) 1m ² gescheibter Putz (nach 1936 und 1952)	1 weißer Portlandzement (Dyckerhoff-Weiß), 1 Weißkalkteig, 5-7 heller Quarzsand oder Gesteinssand von hoher Festigkeit. 2 kg Zement, 2 Kalk, 10-15 Sand 1,5 kg Zement, 3 Kalk, 12-15 Sand 1 Zement, 1 Kalk, 5-6 Sand 1 Zement, 2-3 Kalk, 7-12 Sand 1 Zement, 2 Kalk, 7-9 Sand
Zubereitung: Für den Unterputz wird ein Zementkalkmörtel im Mischungsverhältnis 1:1:6 verwendet. 1) Der eingesumpfte Weißkalk wird mit dem Anmachwasser angerührt. Die trockene Zement-Sand-Mischung wird hinzugefügt. 2) Bei Verwendung von Kalkhydrat werden Kalk, Zement und Sand trocken vermischt, ehe die Zugabe von Wasser erfolgt. Hierbei soll die „Kalkmenge um die Hälfte der oben angegebenen Raumteile vermehrt werden“. ³¹⁷ Bei der Wahl der Zuschlagstoffe ist zu beachten, dass jede Verunreinigung zu einer Farbveränderung führen kann, weshalb für einen rein weißen Putz nur weißer Sand oder weiße Steinkörnung verwendet werden kann. Die Färbung des Putzes ist durch die Zugabe bereits kleiner Mengen von Mineralfarben möglich (ca. 1%), so dass die Festigkeit nicht beeinträchtigt wird.	

Tabelle 11: Rezepturen für Putzmörtel mit Zement und Kalk.³¹⁸

³¹³ In der Ausgabe von 1936 (Putzarbeiten) wird für Zementmörtelputz als normales Mischungsverhältnis 1:3 bis 1:4 angegeben; für eine „besondere Widerstandsfähigkeit oder Wasserdichtheit“ könne auch ein Mischungsverhältnis von 1:1 bis 1:2 gewählt werden. S. LADE/WINKLER (1936) S. 28.

³¹⁴ LADE/WINKLER (1952) S. 29.

³¹⁵ In der Ausgabe von 1936 (Putzarbeiten) wird für Zementkalkmörtelputz als normales Mischungsverhältnis 1:1:6 (1 RT Portlandzement, 1 RT Weißkalk, gesumpft, 6 RT Flusssand) genannt oder bei Verwendung von „Sackkalk“ bzw. „Kalkpulver“ 1:2:9. Hier ist allerdings nicht angegeben, ob es sich dabei um gelöschten oder ungelöschten Kalk handelt, es ist jedoch von Löschkalk (Weißkalkhydrat) auszugehen, da an anderer Stelle vermerkt ist, dass der „Sackkalk bester Qualität .. frei von ungelöschten Teilchen sein muss“. Vgl. LADE/WINKLER (1936) S. 29 und 30.

³¹⁶ In der Ausgabe von 1936 (Putzarbeiten) wird für Weißen Zementkalkmörtelputz als magereres Mischungsverhältnis 1:1:8-10 (1 RT Dyckerhoff-Weiß, 1 RT Weißkalk, gesumpft, 8-10 RT Sand) angegeben. Vgl. LADE/WINKLER (1936) S. 36.

³¹⁷ LADE/WINKLER (1936) S. 37.

³¹⁸ Tabelle nach LADE/WINKLER (1952) S. 29-33 und 110. In der Ausgabe von 1936 (Putzarbeiten) sind z.T. leicht abweichende Rezepturen angegeben, s. gesonderte Anmerkungen.

Putzart	Mischung / Raumteile
Waschputzmörtel (Oberputz) Bei Verwendung eine Handmischung aus Kies oder Terrazzomaterial Für 1 m ³ Mörtel im Mischungsverhältnis 1:4:1:16	¼ RT Portlandzement, 1 RT Sackkalk, ¼ RT Weißkalk, 4 RT gewaschener und gesiebter Kies oder Terrazzomaterial 85 l Zement, 340 l Sackkalk, 85 l Weißkalkteig, 1000 l Kies oder Terrazzo, 236 l Wasser.
Zubereitung: Waschputz benötigt eine Unterputz aus möglichst frischem (ca. 24 Std. alt), reinem Zementmörtelputz 1:3 ohne Kalkzusatz, der an der Oberfläche tief waagrecht eingekämmt ist, um eine Verankerung des Waschputzes zu ermöglichen und Setzrisse zu vermeiden. Bei Verwendung von Kies- oder Terrazzomaterial muss der sandige Teil ausgesiebt werden, um eine gleichmäßige Struktur zu gewährleisten und Nesterbildung zu vermeiden. Während der Verarbeitung sollte die Mischung ab und zu aufgerührt werden, da sich die schweren Körnungen leicht absetzen. Die erste Nachbehandlung erfolgt kurz nach dem Anziehen des Putzes mit Wasser, eine weitere zwei bis drei Tage nach Fertigstellung mit verdünnter Salzsäure. Für die Herstellung von Waschputz können auch die dafür hergestellten Trockenmörtel verwendet werden.	

Tabelle 12: Rezepturen für Putzmörtel mit Zement und Kalk.³¹⁹

- **A. Kohl, K. Bastian, Fachkunde für Maurer. Teil 1: Einfache Maurerarbeiten, Leipzig 7. Auflage 1953.**
- **A. Kohl, K. Bastian, Fachkunde für Maurer. Teil 2: Maurerarbeiten an einem Kleinhaus, Leipzig, 5. Auflage 1952.**

KOHL/BASTIAN beschreiben die Festigkeit des Mörtels in Abhängigkeit davon, wie gut der Kalk die Hohlräume zwischen den Sandkörnern ausfüllt. Bei einem Mischungsverhältnis von 1:3,5 bis 1:4,5 habe der Mörtel die größte Festigkeit. Für Mauermörtel werde deshalb ein mittleres Mischungsverhältnis von 1:4 angenommen. Da Putzmörtel jedoch weniger Festigkeit erfordere und dafür gut auf dem Mauerwerk haften solle, werde Putzmörtel mit einem geringen Kalküberschuss angemischt, „damit genügend Kalkteilchen in die Poren des Mauerwerks dringen können“. Als mittleres Mischungsverhältnis für Putzmörtel gelte 1:3.³²⁰

Als am besten geeignetes Bindemittel wird Weißkalkmörtel als Sumpfkalk / Kalkteig genannt; als allgemeines Mischungsverhältnis Kalkteig zu Sand ca. 1: 3 bis 1:5. Für Putzmörtel wird ein Mischungsverhältnis von 1:3 als passend angegeben; für Mauermörtel 1:4. Für die Herstellung werde „der Kalkteig .. in einer Mörtelpfanne mit Anmachwasser zu Kalkmilch verrührt, der Sand im passenden Mischungsverhältnis, etwa 1:3, breitwürfig zugegeben. Dann wird die Masse mit der Kalkkrücke durchgearbeitet, bis sie gleichmäßig gefärbt ist.“³²¹

Mischungsverhältnis in RT	Weißkalkteig in Liter	Sand in Liter	Mörtelausbeute
1:3	315	945	3,2 RT (80% der Gesamtmenge an Kalkteig und Sand).
1:4	250	1000	4 RT
1:5	210	1050	4,8 RT

Tabelle 13: Bedarf an Bindemittel und Sand für 1m³ Kalkmörtel, hier angegeben mit Kalkteig (Sumpfkalk)³²².

³¹⁹ Tabelle nach LADE/WINKLER (1952) S. 29-33. In der Ausgabe von 1936 (Putzarbeiten) sind z.T. leicht abweichende Rezepturen angegeben, s. gesonderte Anmerkungen.

³²⁰ Kohl, A. / Bastian, K.: Fachkunde für Maurer. Teil 1 Einfache Maurerarbeiten, Leipzig 1953, S.46.

³²¹ Kohl, A. / Bastian, K.: Fachkunde für Maurer. Teil 2 Maurerarbeiten an einem Kleinhaus, Leipzig 1952, S.144.

³²² Tabelle nach KOHL/BASTIAN (1953-1), S. 47.

Bindemittel	Sandbedarf zu einem Sack Kalk					
	Sackinhalt		Für Mörtel 1:4		Für Mörtel 1:3	
	kg	l	Liter	Karren á 80 l	Liter	Karren á 80 l
Weißkalkhydrat, Dolomitekalk	40	70	280	3,5	210	2,625
	50	85	340	4,25	255	3,4
Wasserkalk	50	70	280	3,5	210	2,625
Hydraulischer Kalk	50	55	220	2,75	165	2
Hochhydraulischer Kalk	50	50	200	2,5	150	1,875

Tabelle 14: Materialbedarf unter Berücksichtigung der Schüttdichten der verschiedenen Kalke³²³

• **Erich Martins u.a., Fachkunde Maurer, Burg (Mgb.) 1952, S. 237f.**

Als bestes Bindemittel zur Herstellung von Putzen wird in Gruben gelöschter Kalkteig genannt. Bei Verwendung von Löschkalkpulver seien die Angaben des Herstellers zu beachten. Als günstigstes Mischungsverhältnis für Putzmörtel ist allgemein 1:3 angegeben.

Bezeichnung		Bedarf an fertigem Mörtel	Zement	Kalkhydrat	Sand	Mischungsverhältnis
Rappputz ³²⁴	Km	-	-	5	11	1:2
Pinselfputz	KZm	13	3	1,5	13	1:0,5:4 (=1:2,7)
Kellenputz		15				
Innenwandputz im Mittel 1,5cm dick	Km	17	-	7	14	1:2
	KZm	17	3	2	17	1:0,5:6 (=1:4) (Z:K:S)
Deckenputz auf Rohrung	ohne Gips mit 3l Gips	20	-	8	17	1:2 bis 3
		20	-	7	14	1:2 bis 3
Massivdeckenputz	KZm	25	4	6	26	1:1,5:7 (=1:2,8) (Z:K:S)
Putzflächen streichen		-	-	0,75	-	-
		-	-	0,5	-	-

Tabelle 15: Mörtelmischungen für Rapp- und Pinselfputze: Mörtelbedarf/m² Putzfläche in Litern³²⁵

Fast im gleichen Wortlaut wie bei KOHL/BASTIAN wird hier bei den notwendigen Eigenschaften von Putzmörteln auf ihre Fähigkeit auf Mauerwerk zu haften hingewiesen. Putzmörtel sollten deshalb einen geringen Kalküberschuss erhalten und seien etwas „fetter als Mauermörtel, damit genügend Kalkteilchen in die Poren des Mauerwerks eindringen können“. Zu hoher Kalkanteil führe jedoch zur Bildung von Bindemittelnestern, wodurch der „Putz .. unter den Einflüssen der Witterung abzubrockeln“ beginne.³²⁶

• **Kurt Schönburg, Gestalten mit Putzmörteln, 1. Auflage, Berlin 1991.**

Putzmörtelgruppe	Gesamtgewicht	Zement	Kalkhydrat	Sand	Wasser	Mischungsverhältnis
P sel	2185	-	265	1660	260	1:3,5
P sell	2185	155	190	1660	240	2:1:9
P selll	2210	400	-	1660	210	1:3

Tabelle 16: Materialbedarf für 1m³ gebrauchsfertigen Putzmörtel (in kg)³²⁷

³²³ KOHL/BASTIAN (1953-1), S.48.

³²⁴ Zu Rappputz ist hier angemerkt, dass es sich um einen dünnflüssigen, grobsandigen Kalkmörtel, Mischung 1: 4 bis 1:5 handele bzw. bei Kelleraußenwänden um Zement- oder Kalkzementmörtel. Das Mischungsverhältnis weicht hier von dem in der Tabelle angegebenen ab. Pinselfputz sei ein nach dem Anziehen des Mörtels nass abgebürsteter Rappputz, wodurch Unebenheiten beseitigt und Fugen zugeschlämmt werden., vgl. Erich Martins u.a., Fachkunde Maurer, Burg (Mgb.) 1952, S. 233.

³²⁵ Tabelle nach MARTINS/SCHILLER (1952), S. 238

³²⁶ MARTINS/SCHILLER (1952), S. 238

³²⁷ Tabelle nach SCHÖNBURG (1991), S. 109.

• Kaczmarczyk, Christel / Kuhr, Harald u.a.: Bautechnik für Bauezeichner, Wiesbaden 2008.

	Mörtelgruppe	Mörtelart	Luftkalkteig oder Wasser-kalkteig	Luftkalkhydrat oder Wasser-kalkhydrat	Hydraulischer Kalk	Hochhydraulischer Kalk	Zement (CEM I)	Sand (3Ma-% Feuchte)	Mischungsverhältnis
Schüttdichte kg/dm ³			1,25 ³²⁸	0,5	0,8	1,0	1,2	1,3 ³²⁹	
Kalkmörtel	P I a	Luftkalkmörtel	1,0				min.	3,5-4,5	1: 3,5 - 1:4,5
				1,0				3,0-4,0	1:3 - 1:4
	P I b	Wasserkalkmörtel	1,0					3,5-4,5	1:3,5 - 1:4,5
				1,0				3,0-4,5	1:3 -1:4,5
	P I c	Mörtel mit hydraulischem Kalk			1,0			3,0-4,0	1:3 - 1:4
Kalkzementmörtel	P II a	Mörtel mit hochhydraulischem Kalk				1,0		3,0-4,0	1:3 - 1:4
	P II b	Kalkzementmörtel	1,5				1,0	9-11,0	1,5:1:9 - 11
			2,0			1,0	9-11,0	2:1:9 - 11	
Zementmörtel	P III a	Zementmörtel mit Zusatz von Kalkhydrat		<0,5			2,0	6,0-8,0	0,5:2:6 - 8
	P III b	Zementmörtel					1,0	3,0-4,0	1:3 - 1:4

Tabelle 17: Putzmörtel mit Zement und Kalk nach DIN 18550-2³³⁰; Mischungsverhältnisse, Angaben in Raumteilen³³¹

Mörtelart	Zement		Kalkhydrat		Sand (3Ma-%Feuchte)		Mischungsverhältnis
	in kg	in l	in kg	in l	in kg	in l	
Kalkmörtel aus Kalkhydrat			*1)	400	1560	1200	1:3
				345	1575	1210	1:3,5
				305	1585	1220	1:4
Hydraulische Kalkmörtel			*1)	390	1520	1170	1:3
				340	1545	1190	1:3,5
				300	1560	1200	1:4
Zementmörtel			(91) *2)	(76)	1405	1080	1:3
			(66)	(66)	1440	1110	1:3,5
			(74)	(62)	1520	1170	1:4
Kalkzementmörtel aus Zement und Kalkhydrat			*1)	280	1455	1120	2:1:9 (=1:3)
				260	1520	1170	2:1:9 (=1:3)
				240	1560	1200	2:1:10 (=1:3,3)

Tabelle 18: Materialbedarf für Mörtelstoff für 1000 l Mörtel³³²

*1) Kalkanteil in kg = Kalkmenge in l x Schüttdichte der verwendeten Kalksorte

*2) erlaubter Kalkzusatz zur Verbesserung der Geschmeidigkeit

Bindemittel	Richtwert	Einheit
Kalkteig (ca. 65% Wassergehalt)	1,25	kg/dm ³
Kalkhydrat	0,5	kg/dm ³
Hydraulischer Kalk	0,8	kg/dm ³
Hochhydraulischer Kalk	1,0	kg/dm ³
Zement	1,0	kg/dm ³
Sand (2-5% Wassergehalt)	1,2	kg/dm ³

Tabelle 19: Richtwerte für die Umrechnung von Raumteilen in Masseteile³³³

³²⁸ Für Kalkteig gilt Rohdichte statt Schüttdichte

³²⁹ Gilt bei 2 bis 5 Masse-% Feuchte

³³⁰ Die DIN 18550 wurde ersetzt durch DIN V 18550:2005-04 und DIN EN 998-1:2010-12.

³³¹ Tabelle nach DIN 18550-2 (außer Kraft), zit. N. DETTMERING/KOLLMANN (2012), S. 72 und: KACZMARCZYK/KUHR (2008), S.230.

³³² Tabelle nach KACZMARCZYK/KUHR (2008), S. 233.

Zusammenfassung Mörtelzusammensetzungen:

Autor	Bindemittel-Zuschlagverhältnis für Putzmörtel	(Zement):Kalk :Sand
HASAK (1925)	Weißkalk-, Graukalk- oder Wasserkalkmörtel Edelputzmörtel (als verlängerter Zementmörtel) Terrasit (Zement:Kalk:Marmormehl:Sand)	1:2 bis 1:3 1/8:1:2 1:1:2:4 (=1:1:6 bzw. 1:3)
SIEDLER (1932)	Reiner Kalkmörtelputz verlängerter Zementmörtel für Innenputz Verlängerter Zementmörtel für Außenputz Zementmörtel für wasserdichten Innenputz Zementmörtel für wetterbeständigen Außenputz	1:3 1:0,5:5 (=1:3,3) 1:1:6 (=1:3) 1:2 1:3 bis 1:4
HOFFMANN (1929)	Weißkalk- oder Dolomitkalkmörtel (innen) Zementkalkmörtel / verlängerter Zementmörtel (innen) Zementmörtel (innen) Weißkalk- oder Dolomitkalkmörtel (außen) Zementkalkmörtel / verlängerter Zementmörtel (außen) Zementmörtel (außen)	1:2 bis 1,2,5 1,5:1:8,5 (=1:3,4) 1:3 1:2 2,5:1,5:13 (=1:3,25) 1,2,5 bis 1:3
WINKLER (1929)	Kalkmörtel	1:2,5 bis 1:3,5
PROBST (1936)	Steinputz Grundmischung Steinputz, hellgrau Steinputz, weiß Steinputz, rot oder gelb Steinputz, grün für steinmetzmäßige Bearbeitung, 2-6 cm dick	1:1:1 1:1: 1/3 : 2/3 1:2:2 1:3 1:2 1:4
SCHMIEDEL (1948)	Luft- und Wasserkalkmörtel Hydraulischer Kalkmörtel Zementmörtel	1:2 bis 1:3 1:3 bis 1:4 1:2 bis 1:3
WINKLER (1949)	Reiner Kalkmörtelputz Reiner Zementmörtelputz oder für höhere Widerstandsfähigkeit verlängerter Zementmörtel oder	1:2,5 bis 1:3,5 1:3 bis 1:4 1:1 bis 1:2 1:1:6 (=1:3) 1:2:9 (=1:3)
LADE/WINKLER (1952)	Weißkalk- oder Dolomitkalkmörtel (innen) Wasserkalkmörtel Hydraulischer Kalkmörtel Zementmörtel Zementkalkmörtel / verlängerter Zementmörtel oder für höhere Widerstandsfähigkeit Weißer Zementkalkmörtel Waschputzmörtel	1:3 1:3 1:3 1:3 1:1:6 (=1:3) 1:4:12 (=1:2,4) 1:1:5-7 (=ca. 1:3) 1:4:1:16 (=ca. 1:2,7)
KOHL/BASTIAN (1952)	Weißkalkmörtel aus Sumpfkalk	1: 3 bis 1:5
MARTINS/SCHILLER (1952)	Kalkmörtel für Rappputz Kalkzementmörtel für Rappputz Kalkmörtel für Innenwandputz Kalkzementmörtel für Innenwandputz Kalkputz für Deckenputz auf Rohrung (ohne Gips) oder mit 3l Gips /20l Mörtel (=1m ² Putzfläche) Kalkzementmörtel für Massivdeckenputz	1:2 (bzw. 1:4 bis 1:5) 1:0,5:4 (=1:2,7) 1:2 1:0,5:6 (=1:4) 1:2 bis 3 1:2 bis 3 1:1,5:7 (=1:2,8)
SCHÖNBURG (1991)	P I (Kalkmörtelputz) P II (Zementkalkmörtel) P III (Zementmörtel)	1:3,5 2:1:9 (=1:3) 1:3
DIN 18550-2	P Ia und b Luft- und Wasserkalkmörtel P Ic Hydraulischer Kalkmörtel P IIa Hochhydraulischer Kalkmörtel P IIb Kalkzementmörtel / verlängerter Zementmörtel P IIIa Zementmörtel mit Kalkhydrat P IIIb reiner Zementmörtel	1:3 – 1:4,5 1:3,5– 1:4,5 1:3 bis 1:4 1,5-2:1:9-11 0,5:2:6 - 0,5:2:8 1:3 – 1:4

Tabelle 20: Übersicht Mischungsverhältnisse für Putzmörtel (Angaben in Klammern rein rechnerisch)

³³³ DETTMERING (2012), S. 73.

2 Erhaltungszustände von Putzen

Als äußere Schicht eines Bauwerkes muss ein Putzsystem besonders großen Belastungen, wie beispielsweise Witterungseinflüssen oder nutzungsbedingten Einwirkungen standhalten können. Dies erfordert ein widerstandsfähiges Materialsystem, das gleichzeitig flexibel auf äußere und innere Einflüsse des Bauwerkes reagieren kann, dabei keine schädigende Wirkung ausübt und außerdem den ästhetischen Ansprüchen der Nutzer entspricht. Aber auch die bewährtesten Putzsysteme sind nicht von gewissen Alterungsprozessen ausgeschlossen und bedürfen einer regelmäßigen Kontrolle und Pflege. Auf diese Weise spiegelt der Erhaltungszustand eines Putzbestandes dessen Materialität, das Vorgehen bei seiner Herstellung, die Einflüsse seines Standortes und den Umgang mit dem Bauwerk wider.

2.1 Schadensbilder

Die Definition eines Zustandsphänomens als Schaden ergibt sich, wenn die Funktion und Nutzung oder Haltbarkeit des Bauwerkes dadurch eingeschränkt oder gestört wird. Solche Mängel und Schäden an Putzbeständen können auf eine Vielzahl von Ursachen zurückzuführen sein. In der Regel handelt es sich dabei um eine Summe von Ursachen, die letztendlich einen Mangel oder Schaden verursachen oder verstärken. Die Ursachen lassen sich zusammenfassend in materialimmanente, anthropogene oder umweltbedingte Faktoren kategorisieren (*→siehe auch Grafik „Schadensursachen“*). Bei den materialimmanenten, also dem Material selber inne wohnenden Faktoren, kann es sich beispielsweise um Prozesse zwischen den Stoffen des Putzsystems selber handeln.

Die anthropogenen Schadensfaktoren lassen sich in die herstellungsbedingten, die planungsbedingten, sowie die nutzungsbedingten Fehler, die Vernachlässigung der Instandhaltung und die nicht fachgerechte Reparatur oder sogar Restaurierung unterteilen.³³⁴ So können bereits bei der Herstellung verunreinigte Bestandteile in die Rezeptur gelangen, die für spätere Folgeschäden sorgen. Die Planung des Bauwerkes, wie z.B. die fehlerhafte Konstruktion von Wasserablaufsystemen oder die Wahl der falschen Baumaterialien können weitere Gründe für spätere Schäden an Putzbeständen sein. Aber auch wenn diese Arbeiten sachgerecht durchgeführt wurden, kann ein Fehler bei der Umsetzung dieser zu Problemen führen. Fachgerechte Verputzarbeiten sind nur mit kompetentem Personal und einer guten Organisation der Arbeitsabläufe umsetzbar. Ein besonders komplexes Thema sind diejenigen Ursachen, die mit der Nutzung des Gebäudes zusammen hängen. Themenbereiche, wie das Heiz- und Lüftverhalten oder die verschiedenen mechanischen Belastungen, können eine Vielzahl von Folgeschäden verursachen. Sie hängen oft eng mit der bewussten Pflege und Instandhaltung eines Gebäudes zusammen. Das Vernachlässigen regelmäßiger Pflegearbeiten, wie beispielweise das Reinigen des Wasserablaufsystems oder das Entfernen von Pflanzenbewuchs führt früher oder später zu Schäden am Bestand. Die dann nötigen Instandhaltungsmaßnahmen sind in der Regel sehr viel aufwendiger und kostenintensiver für den Nutzer. In nicht sachgerechter Ausführung können sie allerdings dem Bestand teils mehr Schaden zufügen als ihn zu schützen. Dies hat neben der einfachen Unkenntnis des Ausführenden meist kosten- oder zeittechnische Gründe. Zuletzt muss gerade bezüglich Putzbeständen als regelmäßige Schadensursache auch der Vandalismus in Form von Graffitis oder anderen Eingriffen in die Bausubstanz genannt werden.

Neben den anthropogenen, in der Regel vermeidbaren, Faktoren für Mängel und Schäden an Putzbeständen wirkt aber immer auch die Vielzahl an umweltbedingten Faktoren auf den Bestand ein. Sie können chemischer, physikalischer oder biologischer Natur sein. Eine chemische Belastung, wie z.B. durch Schadstoffe aus der Luft, kann zu Umwandlungsprozessen an oder im Bestand führen. Physikalische Prozesse, wie die thermische oder hygrische Dehnung von Stoffen führen über längere Zeit hinweg

³³⁴ Vgl. SCHÖNBURG (2009), S. 24.

zwingend zu gewissen Verfallsprozessen im System. Auch der biologische Befall, also die Belastung durch Mikroorganismen und Pflanzenbewuchs schädigt einen Putzbestand und lässt sich kaum ganz verhindern.

Die aus diesen Faktoren resultierenden Schadens- und Überarbeitungsphänomene an Putzbeständen sollen im Folgenden systematisch dargestellt und parallel anhand von Bildbeispielen an Edelputzbeständen verdeutlicht werden. Die Darstellung der Schäden strukturiert sich dabei von den oberflächlichen Phänomenen, wie Krusten, Belägen und oberflächlichen Ablagerungen über die tiefer in die Substanz eingreifenden Phänomene, wie Riss- und Schalenbildungen bis hin zu partiellen Totalverlusten, also Fehlstellen am Bestand.



Grafik 2

2.1.1 Krusten, Beläge und oberflächliche Ablagerungen

Unter der Verschmutzung einer Putzfläche, wird die Ablagerung kleiner Stoffteilchen verstanden, durch die das optische Erscheinungsbild teils stark beeinflusst werden kann.³³⁵ Diese können aus der Luft (z.B. *Staubpartikel*) oder aus dem Bauwerk selber (z.B. *Korrosionsprodukte*) stammen. Je nach den umgebungsbedingten Einflüssen ist ein bestimmtes Maß an Fassadenverschmutzung mit der Zeit unvermeidbar.³³⁶ Stärkere Verschmutzungen einer Oberfläche können aber in der Regel mindestens hinaus gezögert, verringert oder ganz umgangen werden. Durch die Missachtung technischer Regeln kann zum Beispiel eine Fassadenverschmutzung zusätzlich verstärkt werden. Auch sollte man sich zum Beispiel im Klaren sein, dass die Intensität der Profilierung und Stärke der Rauheit der Putzoberfläche den Anteil kleiner horizontaler Teilflächen bestimmt, auf die sich verstärkt Partikel ablagern können.

Vor allem der Staub (feine Schwebstoffe mit einem Teilchendurchmesser von 200µm) in der Luft mit Ruß aus Verbrennungsprozessen, Zement aus der Güterproduktion und Abrieb von Gummi werden zusammen mit Fett und Ölkondensaten an der Oberfläche gebunden und reichern sich dort über die Jahre an. Schon Feuchtigkeit allein steigert das Adhäsionsvermögen einer Putzoberfläche während der benetzten Phase und fördert so die Bindung von Partikeln an ihr. In regenarmen Gebieten spielt die Fassadenreinigung dementsprechend eine geringere Rolle.³³⁷ Hinzu kommen Schmutzstoffe aus dem Bauwerk selber, die mittels Feuchtigkeit kapillar an die Oberfläche transportiert werden und sich dort anreichern. Dazu gehören Korrosionsprodukte und Bindemittelanteile, die zusammen mit den Partikeln aus der Luft erst eine Farbvertiefung erzeugen und fließend in dunkle Schmutzschichten übergehen können.

Besonders bestimmend sind dabei die gipsgebundenen Krusten, die bei ihrer Bildung die Schmutzpartikel in ihre kristalline Struktur mit einbinden und so als schwarze Gipskrusten die optische Wirkung einer Putzfläche ästhetisch stören und das Putzgefüge schädigen.



Abb. 87: Dunkle Gipskrusten mit lose aufliegenden Partikeln, Villa in der Württembergallee 24 (Obj.-Nr.: 2586).



Abb. 88: Die gleichen Schadenphänomene (Gipskrusten) am Säuglingskrankenhaus in der HansasträÙe (Obj.-Nr.: 4006).



Abb. 89: Oberflächliche Ablagerungen, Fassade des Wohnhauses Schöneiche (Objekt-Nr.: 2590).



Abb. 90: Gipskrusten und Absanden am Wohnhaus Schöneiche (Objekt-Nr.: 2590).

³³⁵ Vgl. Zimmermann, Günter: Verschmutzung von Fassaden, in: Deutsches Architekturblatt, Heft 12/1978, S. 1338.

³³⁶ Ebenda.

³³⁷ Vgl. ZIMMERMANN (1978), S. 1337.

Die bereits beschriebene saure Luftimmission mit dem Schadgas Schwefeldioxid wandelt das Kalkbindemittel in Kombination mit Feuchtigkeit während den Witterungsprozessen in das Calciumsulfat um, welches sich dann besonders an Oberflächen und in oberflächennahen Zonen in regengeschützten Bereichen anreichert. Dies können zum Beispiel die Areale unterhalb von Gesimsen und andere Vorsprüngen sein. Das leicht lösliche Salz innerhalb der Putzschicht wird zusätzlich bei Trocknungsprozessen kapillar mit der Feuchtigkeit an die Oberfläche transportiert und kristallisiert dort aus. Durch den Kristallisationsdruck kann die angrenzende Putzstruktur geschädigt werden. Es kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass an sämtlichen Oberflächen historischer Putze im Außenbereich eine gewisse Gipsbildung stattgefunden hat, in vielen Fällen ist diese jedoch nicht makroskopisch erkennbar und die schädigende Wirkung ist nur sehr gering.³³⁸

Besonders in den industriebedingt stark von Schwefeldioxid belasteten Gebieten kann die Gipsumwandlung dagegen so massiv stattfinden, dass es zur Bildung regelrechter Krustenschollen kommt. Da sich direkt unterhalb der spannungsreichen Kruste ein bindemittelarmer Horizont befindet, können sie dann ab einer gewissen Stärke ganz abfallen. Außerdem reichern sich in den Zwischenräumen von Kruste und Putzuntergrund aufgrund des entstandenen Kleinklimas Algen und andere Biofilme an.³³⁹ → siehe auch „Mikrobieller Befall und pflanzlicher Bewuchs“

Eine weitere Ursache für Verunreinigungen auf Putzflächen ist die Besiedelung durch Vögel und die damit verbundene Belastung durch Vogelkot. Neben der optischen Beeinträchtigung schädigt dieser die Bausubstanz. Er besitzt ätzende Eigenschaften, da er statt dem Harnstoff extrem viel Harnsäure enthält. Zusätzlich stellt er einen Nährboden für Mikroorganismen dar, deren Stoffwechselprodukte wiederum die Putzoberfläche schädigen können. → siehe auch „Mikrobieller Befall und pflanzlicher Bewuchs“



Abb. 91: Gipsbelastung führte teils zur Schollenbildung und zum partiellen Totalverlust. Wohnhaus im Dinkelsbühler Steig 6 in Berlin Fronau (→ siehe auch Kapitel Reinigung).



Abb. 92: Gipskrusten mit partiellen Auswaschungen oder durch mechanische Belastung entstandene Teilverluste. Wohnhaus im Dinkelsbühler Steig 6 in Berlin Fronau.



Abb. 93: Besondere Belastung durch Vogelkot an Ruheplätzen von Taubenschwärmen, wie hier auf Gesimsen



Abb. 94: Besondere Belastung durch Vogelkot im Bereich der Nistplätze von Mauerseglern in der Miningstraße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).

³³⁸ Vgl. Boué, Andreas: Dokumentation historischer Putzoberflächen, in: Historische Fassadenputze. Erhaltung und Rekonstruktion. Dritter IfB-Workshop im Kloster Nimbschen, 2001, S. 60f.

³³⁹ Ebenda.

2.1.2 Ausblühungen

Die Gründe für Ausblühungen auf Putzbeständen durch Salzbelastung können neben materialimmanenten Faktoren vor allem durch fehlerhafte Bauleistung oder Unterlassung von Instandhaltungsmaßnahmen gefördert werden. Sind die bauschädlichen Salze nicht schon im Bauefüge vorhanden, kann ein Eindringen über die Bodenfeuchtigkeit, defekte Dichtungen oder über Straßenspritzwasser ermöglicht werden. Die Art der Ausblühungen kann verschieden ausgeprägt sein. Sie hängen mit den Kristallisationseigenschaften der verschiedenen Salze, der Zyklen und der Höhe der auf den Putz einwirkenden Luftfeuchtigkeit und Temperatur zusammen.

Das Auftreten von Ausblühungen geht einher mit einer strukturellen Schädigung des Putzes, sowie Schalen- und Hohlstellenbildungen. Die Ausblühungen sind häufig auch an den Rändern von Putzrissen zu finden, da sie als Verdampfungshorizonte der an die Oberfläche transportierten Salze fungieren.³⁴⁰



Abb. 95: Salzausblühungen an der Dorfkirche in Kroppen.



Abb. 96: Salzrasen am Mausoleum der Familie Harteneck in Stahnsdorf. (Objekt-Nr.: 4302)



Abb. 97: Salzrasen am Mausoleum der Familie Harteneck in Stahnsdorf. (Objekt-Nr.: 4302)

³⁴⁰ Vgl. SCHÖNBURG (2009), S. 169f.

2.1.3 Mikrobieller Befall und pflanzlicher Bewuchs

Unter den mikrobiologischen Organismengruppen werden Algen, Pilze und Hefen, Flechten sowie Bakterien und Streptomyceten zusammen gefasst. Sie sind auf allen Putzflächen in geringen Mengen vorhanden, treten aber nur bei stärkerem Vorkommen sichtbar in Erscheinung und können Oberflächen in mehreren Faktoren beeinträchtigen. Neben Umweltfaktoren, wie Licht, Temperatur, pH-Wert und Salzgehalt spielt vor allem die Feuchtigkeit eine entscheidende Rolle für das Wachstum von mikrobiologischen Organismen. Auf feuchtigkeitsbelasteten Bereichen, besonders auf Schmutzschichten, siedeln sie sich verstärkt an. Die benötigte Feuchtigkeit wird von massigeren Schmutzschichten, ähnlich einer Komresse gehalten. Sie stellen zusätzlich in ihrer Materialität eine direkte Nahrungsquelle für bestimmte Mikroorganismen dar. So findet man häufig stärkere Vergrünungen, Verfärbungen und Flechtenentwicklung an der Westseite (Wetterseite) und in den bodennahen Sockelbereichen eines Gebäudes sowie an den Ansatzstellen von Putzflächen und Vorsprüngen, an denen sich die Feuchtigkeit anstaut.



Abb. 98: Vergrünungen im Übergang zum Sockelbereich am Wohnhaus im Dinkelsbühler Steig 6 in Berlin- Fronau (→siehe auch Kapitel Reinigung).



Abb. 99: Flechtenbewuchs an Ziegelmauerwerk.

Ob es sich bei den Vergrünungen vor allem um Pilze oder Algen handelt, ist abhängig von der vorhandenen Lichtmenge und dem pH-Wert. Die Putzmatrix wird einerseits optisch beeinträchtigt, besonders bei einer einhergehenden, oberflächlichen Farbveränderung. Weiter kann die Putzoberfläche auch mechanisch oder chemisch geschädigt werden.³⁴¹ Mycele von Pilzen dringen z.B. in enorme Tiefen in das Putzgefüge ein und schädigen dabei die Putzstruktur. Pilze und Flechten geben außerdem Stoffwechselprodukte wie organische Säuren an die Putzfläche ab und setzen damit putzersetzennde Prozesse in Gang.³⁴² Auch der oberflächliche Bewuchs allein schädigt mit der Zeit durch je nach Porosität des Putzes stärkere korrosive Veränderungen und Aufweichung. Er verändert das Mikroklima sowie die physikalischen Eigenschaften der Oberfläche und lässt durch die Bildung von klebrigen Biofilmen Schmutzpartikel besser an der Putzfläche haften.

→ siehe auch „Krusten, Beläge und oberflächliche Ablagerungen“

Auch kann die Vernachlässigung der regelmäßigen Instandhaltung eines Objektes bezüglich Pflanzenbewuchs, wie beispielsweise Moosen zu Putzschäden führen. Moose gehören zu den niederen Pflanzen, den sogenannten Bryophyten. Im Gegensatz zu den Mikroorganismen können sie Trockenperioden besser überstehen. Mit ihren wurzelartigen Rhizoiden nehmen sie Nährstoffe und Feuchtigkeit auf und verankern sich in der Putzoberfläche.³⁴³ Bei feuchten Bedingungen, die zusätzlich unter der Mooschicht länger aufrecht erhalten werden, kann es durch Anlösen des Bindemittels zu oberflächlichen Entfestigungen, wie Absanden kommen.³⁴⁴ Das Entfernen von Moosbewuchs kann je nach Stärke des Befalls zerstörend auf die Putzfläche wirken.

³⁴¹ Vgl. Götz, Marko: Die materialfarbigen Fassadenoberflächen der Lessing-Loge in Peine von 1926 mit Edelputz – Steinputz – Betonwerkstein. Diplomarbeit FH Hildesheim 2007., S. 102.

³⁴² Vgl. Hilge, Catja / Petersen, Karin und Krumbein, Wolfgang E., Auswirkungen von UV-Bestrahlung und Ozon auf die Stoffwechselaktivität von Gestein und Putz besiedelnden Mikroorganismen, in: ZKK - Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1/1998, S. 162-173, S. 162.

³⁴³ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Rhizoid>, letzter Zugriff am 14.12.12.

³⁴⁴ Vgl. <http://www.bauemotion.de/detail/1829480/bewuchs-durch-moose.html>, letzter Zugriff am 14.12.12.

Eine von Kletterpflanzen überwucherte Putzfläche wird häufig aus ästhetischen oder Kostengründen belassen und eine gärtnerische Pflege eingespart. Die Folgen für eine Putzfläche hängen dann von der Intensität des Bewuchses, aber auch entscheidend von der Pflanzenart ab.

Handelt es sich bei der Pflanzenart um eine Rankpflanze oder Schlingpflanze der „Gerüstkletterpflanzen“, so benötigen diese Kletterhilfen, um sich vor einer Putzfläche vertikal hoch zu arbeiten. Dies können Regenrinnen oder auch extra installierte Kletterhilfen sein. Pflanzen solcher Familien haften also nicht direkt an der Putzfläche selbst und können jederzeit entfernt werden. Pflanzen der Familie sogenannter „Selbstklimmer“ können die Flächen wie Mauern und Fassaden jedoch direkt bewachsen. Die Mehrheit davon, wie zum Beispiel der gemeine Efeu (*Hedera helix*) oder die sind „Haftwurzelkletterer“.

Auch bestimmte Arten der Rankpflanzen können selbstklimmend wachsen, zum Beispiel haftscheibenrankende Arten von Wildem Wein, wie zum Beispiel die selbstkletternde Jungfernrebe (*Parthenocissus quinquefolia*).

Bei diesen Arten wachsen die Jungtriebe direkt ohne Kletterhilfe an der Putzfläche aufwärts und bilden spezielle Haftwurzeln und Haftscheiben aus, die sehr fest in den feinsten Vertiefungen und gegebenenfalls Rissen des Putzes eine statische Sicherung vornehmen. Diese Pflanzen sind also ab einer gewissen Ausbreitung kaum mehr von der Putzfläche entfernbar, da die Haftscheiben bei der Entfernung entweder an der Oberfläche zurück bleiben, oder einen Teil des Putzbestandes mit entfernt werden muss. Bei schon stark geschädigten Putzflächen kann auch schon das Gewicht der Kletterpflanze zur Lösung von Putzschollen führen.

Zwischen Blätterdach und Bestand bildet sich zudem ein Kleinklima, das einerseits durch die Schuppenstruktur der Blätterschicht eine gewisse Ablaufmöglichkeit bei Beregnung bewirkt, sodass der Putz darunter weniger stark durchfeuchtet wird, andererseits hält sich hier bei einer durchnässten Putzfläche die Luftfeuchtigkeit länger und bietet so z.B. die Möglichkeit für weiteren biogenen Befall. Das ganzjährig belaubte Efeu kann dabei in den kalten Monaten eine gewisse Temperatur an Putzoberfläche halten, wohingegen der Wilde Wein sein Blätterdach nach der attraktiven Rotfärbung im Herbst verliert und die Putzfläche nur noch durch die Ranken kaum vor Witterung geschützt wird.



Abb. 100: Starker Moosbewuchs an feuchtigkeitsbelasteten Bereichen.



Abb. 101: Durch Moosbewuchs verstopfte Regenrinne.



Abb. 102: Das komplett zugewachsene Inspektorhaus des Krematoriums in Berlin- Wedding (Objekt-Nr.: 6301).



Abb. 103: Detailaufnahme mit Haftwurzeln. Miningstraße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).

2.1.4 Verfärbungen

Bei Verfärbungen an Putzbeständen handelt es sich im Gegensatz zu den oberflächlichen Ablagerungen um Farbveränderungen der oberflächennahen Schicht infolge chemischer oder chemisch-physikalischer Reaktionen. Dazu gehören beispielsweise Verfärbungen durch die Bildung korrosiver Schichten im Umkreis von Armierungen oder anderen Metallelementen. Häufig treten sie beispielweise in Form von rostroten Läufern auf. Es können aber auch flächige Farbveränderungen polymerer Inhaltsstoffe durch die Einwirkung von UV-Strahlung oder Gasen stattfinden.³⁴⁵



Abb. 105: Absanden und oberflächliche Entfestigung des Putzes, Miningstraße, Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.:1200).



Abb. 104: Absprengungen und Verfärbung durch Metallkorrosion, Villa Baurat Walter. (Obj.-Nr.: 2506).



Abb. 106: Reste der Haftwurzeln und Haftscheiben nach Entfernen eines Bewuchses durch Haftwurzelkletterer, Paster-Behrens-Straße, Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 107: Verfärbungen durch Metallkorrosion an einer Putzergänzung in Form einer Ablaufspur, Dörläuchtingstraße, Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.:1200).

³⁴⁵ Vgl. ZIMMERMANN (1978), S. 1337.

2.1.5 Strukturelle Entfestigung der Putzmatrix

Die Gründe für einen strukturell entfestigten Edelputz können teilweise schon auf Fehler während des Herstellungsprozesses zurückgeführt werden. Der frisch aufgetragene Mörtel kann beispielsweise bei zu schwach vorgehästem Untergrund, starker Sonneneinstrahlung oder hohen Temperaturen zu schnell austrocknen, sodass das Bindemittel nicht vollständig abbindet und keine ausreichende Festigkeit erlangt wird. Festigkeitsverluste bis in die Tiefe der Schicht sind die Folge, auch wenn diese bei nachträglichem Feuchteintrag noch leicht nachhärten kann. Um dies zu vermeiden, sollte Der Untergrund immer ausreichend vorgehäst werden. Der frisch angetragene Mörtel kann später mehrmals fein mit Wasser besprüht und bei Bedarf mit einer Folie abgedeckt werden³⁴⁶Neben diesen vermeidbaren Ursachen führen aber vor allem die umweltbedingten Verwitterungsprozesse zu Absanden und Entfestigung. Die jahrelange, klimatisch bedingte Belastung, wie Temperaturschwankungen, Feuchtigkeitseintrag und die darauf folgenden Trocknungsprozesse zermürben die Putzmatrix und ergeben unregelmäßig verteilte hellere Putzpartien. Bei strukturierten Putzflächen, beispielsweise bei Kratzputzen, wittern dabei vor allem die Höhen stärker zurück, wobei die Tiefen dagegen weniger stark angegriffen werden und als dunklere Bereiche stehen bleiben.³⁴⁷ Auch die Umsetzung des Kalkbindemittels durch saure Luftimmission (erhöhte SO_4 -Werte) zu wasserlöslichem Gips und dem Kapillartransport dessen aus dem Baustoff, belasten das Putzgefüge.³⁴⁸ absandende und entfestigte Putzflächen können auf diese Weise mit der Zeit so viel Substanz verlieren, dass die ursprüngliche optische Wirkung verloren geht. Zusätzlich kann in die geschädigte Oberfläche verstärkt Feuchtigkeit eindringen, was zu weiteren Problemen führt.



Abb. 109: Partielles Absanden am Haus Schöneiche (Objekt-Nr.: 2590), was teils bis zum Verlust zum Oberputz führte.



Abb. 110: Oberflächliches Absanden an der Villa Adlon (Objekt-Nr.: 2587).



Abb. 111: Starkes Absanden an der Villa Amundsenstraße (Objekt-Nr.: 2588).

³⁴⁶ Vgl. SCHÖNBURG (2009), S. 116.

³⁴⁷ Vgl. VOLLMANN (2001), S. 51.

³⁴⁸ Vgl. GÖTZ (2007), S. 99.

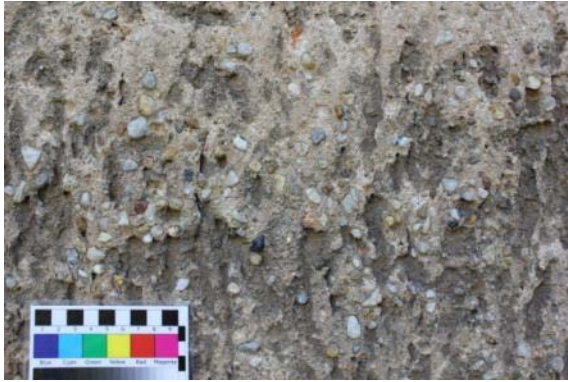


Abb. 108: Absanden der Höhen des Putzprofils an den Häusern der Siedlung des Beamtenwohnungsvereins „Alte Zauche“ (Objekt-Nr.: 2301).

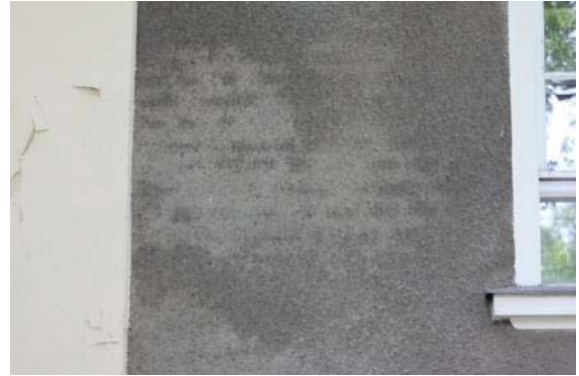


Abb. 112: Entfestigung und Absanden lassen am Haus 6 des Kreiskrankenhauses Köpenick (Objekt-Nr.: 4003) das Ziegelmauerwerk durchscheinen.



Abb. 113: Entfestigung des Putzes an der Wetterseite rechts. Die Fassade links ist sichtbar intakter. Onkel-Bräsig-Straße in der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 114: Entfestigung und Absanden kann durch mechanische Belastung sichtbar werden (hier evtl. durch einen vorher dort wachsenden Strauch). Parchimer Allee in der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.:1200).

2.1.6 Auswaschungen

Das Zurückwittern der Putzmatrix tritt verstärkt in den feuchtigkeitsbelasteten Bereichen auf. Neben der unvermeidbaren Feuchtigkeit an der Oberfläche durch Regen und anderer Witterung werden Putzflächen durch Fehlkonstruktion und Schäden im Wasserableitsystem zusätzlich belastet. Ist beispielsweise kein ausreichender Dachvorstand vorhanden, sind Gesimse und Versatzkanten nicht richtig abgedeckt, oder Dachrinnen und Ablaufrinnen verstopft oder beschädigt, so läuft das Regenwasser verstärkt an diesen Putzbereichen ab.

Einerseits hat solch ein Feuchtigkeitsfluss eine reinigende Wirkung, indem er auf der Fassade abgelagerte Stoffe löst und abtransportiert. Mit den Jahren werden hier aber auch Anteile des Putzes selber abgetragen, besonders bei schon entfestigten Bereichen.



Abb. 117: Auswaschungen an der Johann-Peter-Hebel-Grundschule & Cäcilien-Grundschule (Objekt-Nr.: 4302).



Abb. 118: defektes Wasserableitsystem am Wohnhaus Berliner Straße (Objekt-Nr.: 2206).

Die feinere Zuschlagsfraktion, sowie die farbgebenden Feinkornanteile (Pigmentanteile) werden dabei stetig mit ausgewaschen, sodass teilweise eine visuelle Vergrauung zu beobachten ist.³⁴⁹ Beim zusätzlichen Einfluss von saurer Luftimmission und der daraus folgenden Umsetzung des Kalkbindemittels in wasserlöslichere Verbindungen, wie Gips und Calciumchlorid ist hier verstärkt mit Putzabwitterung zu rechnen.³⁵⁰ Die ausgewaschenen Bereiche weisen mit der Zeit eine stärker gereinigte Oberfläche auf, als die geschützten Bereiche. Sie stehen als helle, teils gräulichere Regenablaufspuren auf der Gesamtläche, stören die ästhetische Gesamtwirkung und weisen einen Substanzverlust an der Oberfläche auf.



Abb. 119: Auswaschungen an der Fassade des Rathaus Spandau (Objekt-Nr.: 4210).



Abb. 120: Auswaschungen aufgrund einer defekten Regenrinne. Liningstraße in der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 115: Stark hervortretende Auswaschung an Fassaden in der Onkel-Bräsig-Straße in der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 116: Auswaschungen durch defektes Wasserableitsystem Onkel-Bräsig-Straße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 121: Deutlich erkennbar ist hier die Auswirkung der Feuchtigkeitsbelastung durch das Wasserableitsystem in der Guerickestraße (Objekt-Nr.: 6107).

³⁴⁹ Vgl. VOLLMANN (2001), S. 51.

³⁵⁰ Vgl. SCHÖNBURG (2009), S. 172.

2.1.7 Rissbildung, Schalenbildung und Hohlstellen

Rissbildungen in Putzsystemen können schon materialbedingt entstehen. Durch einen zu hohen Bindemittel- oder Wasseranteil im Mörtel kann es beim Abbinden schon nach kurzer Zeit zu netzartigen, feinen Schwindrissen kommen. Die hexagonale Rissstruktur (bienenwabenartig) kommt zustande, weil sie die einfachste und wirksamste Flächenaufteilung zur Spannungsentlastung innerhalb einer homogenen Schicht darstellt.³⁵¹ Auch das Antragen von zu starken Putzlagen hat Rissbildungen zur Folge.

Konstruktive Mängel, wie das ungleichmäßige Setzen von Wänden, das Überlasten von Stützen, Balken o.ä. erzeugen statische Risse. Häufig ist es aber auch das unterschiedliche Ausdehnen, Quellen und Schwinden von nicht mineralischen Baustoffen (bspw.: Holzbalken), welches so starke Spannungen im Gefüge aufbaut, dass es zur Rissbildung kommt.

Solche beispielsweise korrosionsbedingte Risse und sogar Ausbrüche können durch den Wassereintrag in Gefügebereichen von Armierungen entstehen. Kommen die Metallelemente in Kontakt mit Feuchtigkeit, werden elektrolytische bzw. elektrochemische Korrosionsprozesse in Gang gesetzt. Diese hängen mit einer Volumenvergrößerung der korrodierten Elemente zusammen, die einen so großen Druck aufbaut, dass sie die Putzstruktur sprengen kann. Die Risse im Putzsystem erleichtern nun den weiteren Wassereintrag und verstärken weiter das Schadenspotential.

Die Gründe für einen zu geringen Verbund zwischen Ober- und Unterputz können schon im Prozess des Verputzens liegen. Zunächst kann der Grund die mangelhafte Untergrundvorbereitung sein. Grundsätzlich dürfen die Eigenschaften, wie die Druckfestigkeit und die Spannung der Putzlagen im System nach außen hin nicht zunehmen.³⁵² Wird gegen die Putzregel „weich auf hart“ verstoßen und ein zu weicher Unterputz vorgelegt, so wird dies zu adhäsiven Problemen zu dem härteren, spannungsreicheren Oberputz führen.³⁵³ Die Bildung von Hohlstellen, bis hin zum Substanzverlust ganzer Putzschollen ist die Folge.³⁵⁴



Abb. 122: Rissbildung, Schalenbildung und Teilverlust an der Fassade des Feuerwehrdepots in der Rathausstraße (Objekt-Nr.: 6104).



Abb. 123: Rissbildung, Onkel-Bräsig-Straße Nr.44 (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 124: Rissbildung bis hin zur Absprengung ganzer Putzschollen durch Metallkorrosion an der Kirche in der Baumschulenstraße (Objekt-Nr.: 4311).

³⁵¹ Vgl. KÜNZEL (2011), S. 56f.

³⁵² Vgl. SCHÖNBURG (2009), S. 160.

³⁵³ Vgl. DANZL (2003), S. 253f.

³⁵⁴ Vgl. HIRSCH (2012), S. 36.

Weiter müssen die Abbindezeiten der Putzschichten eingehalten werden. Bei zu schnellem Antragen des Oberputzes kann der Unterputz unter Luftabschluss durch die aufgebraute Schicht nicht ausreichend abbinden und wird keinen ausreichend tragfähigen und festen Untergrund bilden können.

Die Oberfläche des Unterputzes darf außerdem nicht zu glatt abgezogen werden. Der ausreichende mechanische Verbund wird durch das Aufreißen der gebildeten Sintherschicht zu einer rauen Oberflächenstruktur, beispielsweise durch Ritzungen ermöglicht. Auch sollte der Untergrund vor dem Überputzen von möglichen Ablagerungen, wie Staub, Ruß oder Anstrichresten befreit werden, um einen ausreichenden Verbund zum Putz zu erzeugen zu können.³⁵⁵

Schalen- und Hohlstellenbildung sind jedoch häufig auch auf Umweltbedingte Faktoren zurückzuführen, die zusätzlich durch bautechnische Mängel und Vernachlässigung der Instandhaltung verstärkt werden können. Hierbei spielt die Wasserinfiltration in das Putzgefüge eine entscheidende Rolle. Durch nicht gegen Bodenfeuchtigkeit und Spritzwasser abgedichtete Wände dringt Feuchtigkeit in das Mauerwerk ein. Gefriert dieser Feuchtigkeitsanteil im Kapillargefüge, so kommt es durch den Kristallisationsdruck zu sogenannten Frostsprengungen.³⁵⁶ Diese Gefügebelastungen schädigen den Putzbestand mit der Zeit so stark, dass ganze Schollen Originalsubstanz verloren gehen können. Außerdem gelangen Salze in der Regel über die Feuchtigkeit in das Mauerwerk.

→*Schalenbildung und Putzablösung aufgrund von Gipsbelastung siehe „Krusten, Beläge und oberflächliche Ablagerungen“*



Abb. 125: Schollenbildung, Rissbildung und Teilverlust in der Liningstraße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 126: Schalenbildung und Teilverlust des Oberputzes an der Paster-Behrens-Straße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 127: Schalenbildung an der Orangerie im Park Sanssouci (Objekt-Nr.: 3103).



Abb. 128: Der Oberputz hat sich vom Unterputz getrennt und steht als Schale leicht von der Wand ab. Rathaus Spandau (Objekt-Nr.: 4210).



Abb. 129: Fehlstelle am Säuglingskrankenhaus in der Hansastraße (Objekt-Nr.: 4006).

³⁵⁵ Vgl. SCHÖNBURG (2009), S. 160.

³⁵⁶ Vgl. SCHÖNBURG (2009), S.166f.

2.1.8 Fehlstellen

Der partielle Totalverlust von Putzbeständen ist häufig die Folge der Vernachlässigung von Instandhaltung und Pflege als Konsequenz von bestehenden Schadensphänomenen, wie Rissbildungen, Schalenbildungen und Hohlstellen. Nutzungsbedingte Löcher und andere Fehlstellen durch Arretierungen von Gerüsten oder anderen Architekturelementen werden dann problematisch, wenn sie nach der Nutzung nicht fachgerecht verschlossen werden.

An Fehlstellen steht das Putzsystem partiell bis in die Tiefe offen und es kann verstärkt oder ungebremst Feuchtigkeit eindringen. Neben der ästhetischen Beeinträchtigung der Gesamtwirkung kann hier also auf längere Sicht hin wiederum mit Folgeschäden gerechnet werden, die vor allem mit dem Eindringen von Feuchtigkeit in das Putzsystem zusammen hängen.

Gerade im Raum Berlin- Potsdam sind Fehlstellen in verschiedensten Ausprägungen häufig auch auf Kriegsschäden zurück zu führen. In Kombination von Schmutzbelastung und extremen Erschütterungen wirkten Geschosse verschiedenster Kaliber auf die Flächen ein und hinterließen Einschusslöcher, wie beispielsweise an der Fassade des Pergamon Museums.



Abb. 131: Großflächiger Totalverlust des Putzes an der Orangerie im Schlosspark Sanssouci (Objekt-Nr.:3101).



Abb. 132: Großflächige Verluste im Hinterhof des Theater am Nollendorferplatz, dem heutigen Goya-Club (Objekt-Nr.: 3007).



Abb. 130: Kriegsschäden am Pergamonmuseum (Objekt-Nr.: 3101). Historische Aufnahme.



Abb. 133: Fehlstelle am Sockelbereich des Inspektorhauses des Krematoriums in Berlin- Wedding (Objekt-Nr.: 6301).



Abb.136: Alte Bohrlöcher in einer Fassade der Dörläuchtingstraße der Hufeisensiedlung, (Objekt-Nr.: 1200).



Abb.137: Bohrlöcher, teils noch mit Dübeln bestückt im Putz des Wohnhauses Schöneiche (Objekt-Nr.: 2590).

2.2 Überarbeitungen

2.2.1 Überfassungen und Überputzungen

Häufig wurden alte Putzbestände aus ästhetischen Gründen oder statt einer Reparatur überputzt. Dabei bietet sich die unkomplizierte Spritzputztechnik besonders an. Solche Überputzungen sind eine Alternative zum Totalverlust des alten Putzes durch vorheriges Abschlagen, da sie die vorhandene Originalsubstanz beispielsweise für denkmalpflegerische Forschungszwecke erhalten.

Die Reversibilität solcher Putzschichten ist jedoch selten so hoch, dass die Altsubstanz wieder so schadensfrei freigelegt werden kann, dass sie den ästhetischen Ansprüchen einer Fassadengestaltung entsprechen würde.

Häufig wurden auf alte Putzbestände härtere Neuputze, teils mit Zementanteilen angetragen und somit die handwerkliche Regel „weich auf hart“ missachtet. Die Folge ist, dass die spannungsreichere harte Putzschicht die originale weichere Putzschicht regelrecht abstrappiert und Risse sowie Hohlstellen bildet. Dies kann zum Substanzverlust ganzer Putzschollen führen.³⁵⁷ →siehe auch „Rissbildung, Schalenbildung und Hohlstellen“

In vielen Fällen werden heutzutage auch auf alte Putzbestände Kunststoff- oder Metallmatten appliziert, die als Armierung für eine neue Putzschicht dienen. Dies sind meist moderne, silikatisch oder dispersiv gebundene Putzmörtel, die überspachtelt oder mittels Pumpe angetragen werden. Zwar steigert eine solche Armierung die Reversibilität der neuen Putzschicht, jedoch können schon geschädigte Altputze durch das Gewicht der neuen Schicht ihre Tragfähigkeit komplett verlieren und abfallen. Dringt bei gleichzeitiger Salzbelastung Feuchtigkeit hinter die diffusionshemmenden Neuputze, führt dies zur Zerstörung der darunter liegenden Altputze.³⁵⁸



Abb. 134: Fehlstellen legen den darunter liegenden Putzbestand frei. Rathaus Potsdam (Objekt-Nr.: 4212).



Abb. 135: Überputzung deutlich erkennbar an der Fehlstelle, die den weißen Putz freilegt. Konsumverein Lichtenberg (Objekt-Nr.: 5207).

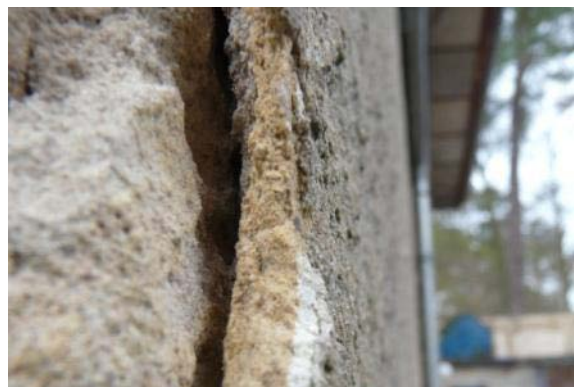


Abb. 136: Die graue Überputzung über dem originalen gelbweißen Edelputz ist deutlich erkennbar. Landhaus Abraham (Objekt-Nr.: 2501).

³⁵⁷ Vgl. HIRSCH (2011), S. 36.

³⁵⁸ Vgl. DANZL (2003), S. 148.

Überfassungen von Putzflächen wurden und werden aus den gleichen Gründen, wie Überputzungen vorgenommen. Auch sie schützen zwar einen Altbestand vor dem Totalverlust durch Abschlagen und Neuverputzen, jedoch verlieren sie durch die Fassung ihren typisch mineralisch-kristallinen Charakter. Die Verhinderung oder mindestens starke Einschränkung des Luftzutritts durch die meist nicht- oder nur wenig diffusionsfähigen Anstriche kann zu Schädigungen des historischen Bestandes führen. Da die Putze einen gewissen Luft- und Feuchtigkeitszutritt für die fortwährende Regeneration des Kalziumcarbonates benötigen, kann der Bestand allmählich seine Festigkeit verlieren.³⁵⁹ Das verstärkte Eindringen von Feuchtigkeit führt zu den bereits dargestellten Folgeschäden führen.



Abb. 137: Partielle Überfassung an der Johann-Peter-Hebel-Grundschule & Cäcilien-Grundschule (Objekt-Nr.: 4302).



Abb. 138: Fehlstellen in der gelben Fassung legen den darunter liegenden weißen Edelputz frei. Stavenhagener Straße in der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 139: Überfassung der Nikodemuskirche in Neukölln (Objekt-Nr.: 4405).



Abb. 140: Ansatzstelle eines überfassten Hausabschnittes zum ungefassten Bestand in der Dörchläuchtingstraße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).

³⁵⁹ Vgl. Schönburg, Kurt: Schäden an Sichtflächen. Bewerten, Beseitigen, Vermeiden, Berlin 2009, S. 172.

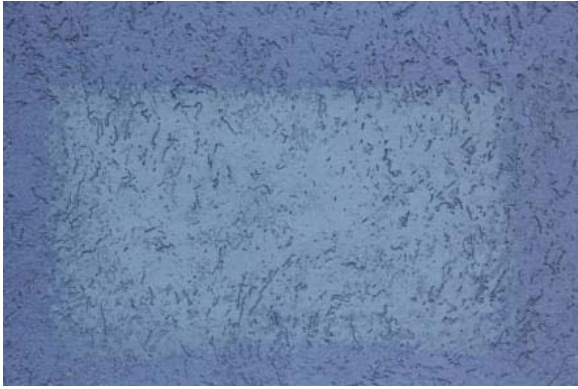


Abb. 141: Partielle Überfassung eines Edelputz-Bestandes in der Paster-Behrens-Straße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.:1200).



Abb. 142: Vergleich des Putzbestandes des Wohnhausblocks in der General-Barby-Straße (Objekt-Nr.: 2108) mit und ohne Fassung.

Graffiti haben in der Regel vandalische Gründe und sind im Grunde partielle Überfassungen mit all ihren Folgen und Problematiken bezüglich der Einschränkung des Luft- und Feuchtigkeitsdurchlässigkeit und Reversibilität. Die Folge ist häufig das partielle oder großflächige Überfassen der Fassade.



Abb. 143: Graffiti an dem verfallenden Gebäude des Säuglingskrankenhauses in der HansasträÙe (Objekt-Nr.: 4006).



Abb. 144: Graffiti an der Brandmauer des Konsumvereins Lichtenberg (Objekt-Nr.: 5207).

2.2.2 Ergänzungen

Das Ergänzen von Fehlstellen von historischen Putzbeständen ist notwendig, um einen verstärkten Feuchtigkeitseintrag zu verhindern und die teils optisch stark herauspringenden Bereiche dem intakten Bereich anzugleichen. Durch unsachgemäße und nicht materialgerechte Ergänzungen kann es jedoch teils zu erheblichen Schäden an Putzflächen kommen. Um dies zu vermeiden, sollten die Eigenschaften des Ergänzungsmörtels dem des Originals möglichst ähnlich sein.

Besitzt die Ergänzung jedoch ein stark abweichendes poröses Gefüge (Porenstruktur & Porengrößenverteilung), hat sie eine anderes Ausdehnungsverhalten gegenüber Temperatur- und Feuchteschwankungen oder andere Festigkeit und Verformungseigenschaften, so kann dies zu Spannungen im System führen. Hier sollte darauf geachtet werden, dass auch hier der Ergänzungsmörtel keine härteren Eigenschaften als der Altbestand aufweist. Diese Spannungen würden den weicheren Originalputz sonst früher oder später schädigen, sodass es zu Rissbildungen bis hin zu Abplatzungen, sowie den darauf folgenden Schäden durch Wassereintrag kommen kann. *→siehe auch „Rissbildung, Schalenbildung und Hohlstellen“ sowie „Fehlstellen“*



Abb. 145: Optisch unpassende Ergänzung an der Fassade des Rathaus Potsdam (Objekt-Nr.: 4212).



Abb. 146: Optisch in Farbe und Textur herausstechende Ergänzung an einer Fassade in der Liningstraße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200). Die Abplatzungen am Original sprechen für eine zu hohe Härte der Ergänzung.



Abb. 147: In Textur gut passende, aber optisch nicht angepasste Ergänzung an einer Fassade in der Liningstraße der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).



Abb. 148: Optisch stark herausstechende Ergänzungen im großen Umfang an der Villa Schmidt, dem ehemaligen Schloss Hohenschönhausen (Bauphase) (Objekt-Nr.: 3202).

2.3 Zusammenfassung

Grundsätzlich weisen Edelputze die typischen Schadensphänomene auf, die an den meisten historischen Putzflächen zu finden sind. Die spezielle Herstellung und die charakteristischen Eigenschaften der Edelputze lassen dabei sowohl typische Schadensproblematiken als auch Vorteile im Vergleich zu historischen Kalkputzen erkennen. Die kontrollierte, genormte, fabrikmäßige Herstellung schafft für die Edelputzsysteme im Allgemeinen die Voraussetzungen für eine lange Standzeit. Mögliche Verunreinigungen, Fehler und Unregelmäßigkeiten, die beim Anmischen eines Baustellenmörtels vor Ort mit einkalkuliert werden müssen, werden minimiert und ermöglichen besonders einheitliche, beständige Putzflächen. Die Verwendung von fertigen Werk trockenmörteln bedeutete aber auch gleichzeitig die Einschränkung des Handlungsspielraums des Handwerkes. Die Anforderungen an die handwerklichen Fähigkeiten beinhalteten nicht mehr die Kenntnis traditioneller Baustellenmischungen. Durch die genauen Vorgaben für die Verarbeitung der Werk trockenmörtel konnte der Handwerker nur noch in begrenztem Umfang auf die Ausführungstechnik Einfluss nehmen. Es gab sogar verschiedene Produkte, die speziell für bestimmte Putztechniken entwickelt wurden. So vertrieb die Terranova-Industrie für die Umsetzung einer Fläche in Kellenwurf-Technik eine Kellenwurf-Sonderkörnung. Anders verhielt es sich allerdings bei der Ausführung des Unterputzes. Die Hersteller boten kaum Produkte für die Umsetzung des Unterputzes an. Sie empfahlen lediglich bewährte Rezepturen.³⁶⁰ Die genaue Zusammensetzung der Edelputz-Produkte war den Handwerkern, auf das alleinige Ausführen degradiert, sicherlich auch nicht immer bekannt. Die Herstellung des Unterputzes erfolgte also meist nach altbewährten Rezepturen, die für einen Kalkputz verwendet wurden, was zur Folge hatte, dass stellenweise an den hydraulischen Zuschlägen gespart wurde und so für die Oberputze zu weiche Unterputze entstanden. Ebenso können auch zu glatt abgezogene Unterputze zu einem zu geringen mechanischen Verbund mit den Oberputzen führen. Diese und weitere im Schadenskatalog aufgeführte, herkömmliche Gründe können dann zu den typischen Folgeschäden, wie Rissbildung, Schalenbildung, Hohlstellen, Putzablösungen bis hin zu Teilverlusten, führen.

An den recherchierten Objekten konnten viele Schadensphänomene beobachtet werden. Ein Beispiel ist die Villa in der Bergengruenstraße in Berlin-Zehlendorf (→ s. *Objekt-Nr.: 2559*). In Folge ihres unbewohnten und vernachlässigten Zustandes sind die Verfallsprozesse besonders ausgeprägt und der stark vergraute, ehemals weiße Edelputz ist an vielen Bereichen bis zum Totalverlust abgeschalt. Auch die Edelputzbestände an der Orangerie im Park Sanssouci in Potsdam (→ s. *Objekt-Nr.: 3103*) und am Wohnhaus in Schöneiche (→ s. *Objekt-Nr.: 2590*) sind auf diese Weise geschädigt. Rissbildungen finden sich auch an der Haferfutterbrotfabrik in Berlin-Lichtenberg (→ s. *Objekt-Nr.: 7004*). Risse und Abplatzungen als Folge von Metallkorrosion weist z.B. der Schul-Kirchen-Komplex in der Baumschulenstraße in Berlin-Treptow (→ s. *Objekt-Nr.: 4311*) auf.

Fehlerhafte Reparaturen oder nicht gewissenhaft ausgeführte restauratorische Maßnahmen können zu nicht materialgerechten und/oder optisch unpassenden Ergänzungen führen, die unter Umständen den Originalbestand sogar schädigen können. Ein Beispiel ist hierfür die Villa „Württembergallee 24“ in Berlin-Westend (→ s. *Objekt-Nr.: 2586*) oder -z.T. retuschiert- die Johann-Peter-Hebbel-Grundschule & Cäcilien-Grundschule in Berlin-Wilmersdorf (→ s. *Objekt-Nr.: 4302*). Zu nennen ist hier auch der gegenwärtige Zustand der in großem Umfang ergänzten Fassade der Villa „Schmidt“, das ehemalige Schloss Hohenschönhausen in Berlin-Lichtenberg (→ s. *Objekt-Nr.: 3202*). Obwohl in der Oberflächenstruktur relativ gut gelungen, stören die Ergänzungen die Lesbarkeit und die Ästhetik der Fassade durch ihre stark abweichende Farbigkeit.

³⁶⁰ Vgl. BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 10.

Eine besondere Problematik stellt sich bei den Edelputzbeständen außerdem im Bereich der Verschmutzungen, Verfärbungen und Krustenbildung. Auch wenn ein gewisser Grad an Schmutzauflagerungen als Patinaschicht tolerierbar sein mag, beeinträchtigen und verändern stärkere Verunreinigungen die charakteristische mineralisch-farbige, kristalline Oberflächenwirkung von Edelputzen. Zudem können Edelputze nicht wie bei Fassung-Putz-Systemen überstrichen werden, ohne die Oberflächenwirkung vollkommen zu zerstören.



Abb. 149: General-Barby-Straße, links der überfasste Bereich und zum Vergleich rechts ein ursprünglicher Putzbereich.

Ein Anstrich reduziert den Putz auf seine strukturelle Wirkung. Die Tiefenwirkung von teils stark farbigen, teils durchscheinenden Kristallen eines Edelputzes, ähnlich der Faserstruktur von Holzoberflächen und die Reflektion des Lichts gehen dabei komplett verloren. Die unterschiedliche Wirkung einer mit Schleppputz gestalteten Edelputzfassade und derselben im flächig überfassten Zustand kann z.B. an einem Wohnhausblock in der General-Barby-Straße in Berlin-Reinickendorf beobachtet werden (→ s. *Objekt-Nr.*: 2108).

Die schwarzen Krusten einer Gipsumwandlung sind besonders problematisch, da sie die vorher oberflächliche Verunreinigung mit in das Putzsystem einbinden. Die oft stark strukturierend ausgeführten Edelputzflächen sind für Verschmutzungen besonders prädestiniert. Die Reinigung solcher Edelputzflächen bis in die Vertiefungen ist schwierig und kaum ohne Schädigung der Oberfläche durchführbar. In Stadträumen wie z.B. Berlin sind die Edelputz-Bestände, durch die Folgen von Industrialisierung und Verkehr besonders stark belastet. Auch wenn der Grad der Luftverschmutzung, die saure Luftemission und dadurch die Gipskrustenbildung stark nachgelassen hat, sind die Verschmutzungen und Krustenbildung des letzten Jahrhunderts sehr stark ausgeprägt. So lässt sich die einst weiße Putzfärbung der heute grau erscheinenden Villa in der Bergengruenstraße (→ s. *Objekt-Nr.*: 2559) in Berlin-Zehlendorf kaum noch erahnen. Auch die Fassade des Wohnhauses in der Potsdamer Straße, dem heutigen „Varieté Wintergarten“ (→ s. *Objekt-Nr.*: 2225) und die teilweise erhaltenen Edelputz-Bestände im Hinterhof des alten Theaters am Nollendorfpfatz, dem heutigen „Goya“ (→ s. *Objekt-Nr.*: 3007), erscheinen vergraut und schmutzig. Grundsätzlich kann zwar davon ausgegangen werden, dass an sämtlichen Gebäudeoberflächen und damit auch auf allen Edelputzflächen eine gewisse Gipsbelastung besteht, jedoch ist diese häufig nicht so stark ausgeprägt, dass sich Krusten gebildet haben.

Die häufig starke Strukturierung der Edelputzbestände bietet auch verstärkt Möglichkeiten für die Ansiedlung von Mikroorganismen. Auch der pflanzliche Bewuchs durch Kletterpflanzen und Moos wird gefördert und ist nur ershwert reversibel. Vergrünungen, z.B. durch Algenwuchs, und vereinzelter Flechten- und Moosbewuchs finden sich an vielen Objekten, besonders auf Vorsprüngen und in bodennahen Bereichen. Als Beispiele sind hier die Villa in der Amundsenstraße (→ s. *Objekt-Nr.*: 2588) und das Wohnhaus in der Waldstraße 25 in Schöneiche (→ s. *Objekt-Nr.*: 2590) zu nennen. Durch die Ansiedlung von Mikroorganismen dunkel verfärbte Fahnen an der Fassade zeigen sich z.B. an der Villa „Wolski“ in Berlin-Dahlem (→ s. *Objekt-Nr.*: 2558). Starker Kletterpflanzenbewuchs durch „Selbstklimmer“ findet sich z.B. am Inspektorhaus des Krematoriums in Berlin-Wedding (→ s. *Objekt-Nr.*: 6301). Hier ist der Bewuchs durch Efeu so stark, dass der durchgefärbte, mineralische Putz nur noch anhand wenige Zentimeter großer bewuchsfreier Stelle bestimmt werden konnte. Nur partiell durch wilden Wein überwuchert ist dagegen die Villa „Baurat Walther“ in Berlin-Grunewald (→ s. *Objekt-Nr.*: 2506).



Abb. 150: Das Säuglingskrankenhaus in der Hansastrasse zeigt ein umfangreiches Spektrum an Schadensbildern am Putzbestand. Zu erkennen sind beispielsweise Verschwärzungen, Fehlstellen, Absandende Bereiche und Graffiti

Leichte strukturelle Entfestigungen und absandende Bereiche finden sich an fast allen katalogisierten Objekten mit älterem Putzbestand. In Folge von Abwitterungsprozessen wurden die Zuschläge und Glimmerpartikel der beanspruchten Edelputzoberfläche mehr und mehr freigelegt. Dabei kann die ästhetische Wirkung von bspw. Edel-Kratzputzoberflächen durch die optische Hervorhebung der Struktur sogar noch verstärkt werden. Sofern die strukturelle Stabilität noch gegeben ist, ist in solchen Fällen ggf. auch eine rein konservierende Behandlung in Erwägung zu ziehen.³⁶¹ Das Abtragen oberflächlicher Verunreinigungen geht fließend in den Verlust von Originalsubstanz über.

Dies beginnt meist mit den Höhen der strukturierten Putzflächen - das Tiefenprofil geht verloren. Beispiele dafür wären einige Objekte der Siedlung des Beamtenwohnungsvereins „Alte Zauche“ in der Teltower Vorstadt in Potsdam (→ s. *Objekt-Nr.*: 2301). Die Abwitterung kann so weit gehen, dass z.B. von vornherein dünneren Spritzputz-Bestände bis auf den Unterputz abgetragen sind. Diese Situation findet sich an einigen Fassadenbereichen des Wohnhaus in der Waldstraße 25 in Schöneiche (→ s. *Objekt-Nr.*: 2590). Eine strukturelle Entfestigung an Edelputzbeständen, die vorerst optisch nicht weiter auffällt, kann dann problematisch werden, wenn die Substanz durch Auswaschungen oder Reinigungsversuche stärker belastet wird. Wie bereits im Schadenskatalog beschrieben, führt dies bei Edelputzen häufig zum Verlust des farbgebenden, feinen Bindemittelanteils und hat eine optische Vergrauung zur Folge. In weniger starker Ausprägung können sich die durch Wasser belasteten Bereiche auch allein durch den Reinigungseffekt von den nicht betroffenen, verschmutzteren Putzbereichen absetzen. Diese Effekte sind in Form von hellen Fahnen an Fenstergesimsen des Rathaus Spandau (→ s. *Objekt-Nr.*: 4210) oder um die Regenrinnen am Wohnhaus in der Berliner Straße (→ s. *Objekt-Nr.*: 2206) und an der Johann-Peter-Hebbel-Grundschule & Cäcilien-Grundschule in Berlin-Wilmersdorf (→ s. *Objekt-Nr.*: 4302) zu beobachten.

Viele Edelputz-Bestände wurden durch die bereits angedeutete Erhaltungsproblematik oft entweder ganz abgeschlagen oder überputzt sowie überfasst. Beispiele für Überputzungen von Edelputzflächen finden sich am Landhaus Abraham (→ s. *Objekt-Nr.*: 2501). Hier hatte die spannungsreichere, zementhaltige Spritzputzschicht den Originalbestand geschädigt. Rissbildungen, Hohlstellen, Salzbelastung und schließlich partielle Totalverluste führten zu dem Zwang einer gesamtflächigen Rekonstruktion. Partielle Überfassungen, beispielsweise zur „Retusche“ von Teilverschmutzungen oder der flächigen Überarbeitung besonders beanspruchter Bereiche, finden sich z.B. an der Johann-Peter-Hebbel-Grundschule & Cäcilien-Grundschule in Berlin-Wilmersdorf (→ s. *Objekt-Nr.*: 4302), am Wohnhaus in der Berliner Straße (→ s. *Objekt-Nr.*: 2206) oder dem Wohnhausblock in der Hatzfeldallee in Berlin-Tegel (→ s. *Objekt-Nr.*: 2103). Häufig handelt es sich dabei um Objekte an öffentlichen Straßen, die für Jedermann erreichbar sind und beispielsweise mit Graffiti besprüht wurden. Solcherlei finden sich auch in großer Anzahl an dem stark verfallenen, ungenutzten Gebäudekomplex des alten Säuglingskrankenhauses in der Hansastrasse in Berlin-Weißensee (→ s. *Objekt-Nr.*: 4006). Eine Montage von modernen Wärmedämmsystemen direkt auf den originalen Edelputzbestand wird theoretisch erwähnt, konnte aber an keinem Bauwerk der Objektrecherche festgestellt werden.

³⁶¹ Vgl. DANZL (2003), S. 154.

3 Feldversuche mit Werk trockenmörteln und Baustellenmischungen

Bei Sanierungsarbeiten an Putzen wird nach Reinigung und ggf. Festigung immer auch eine Nachstellung in kleinerem oder größerem Umfang notwendig. Gerade wenn beabsichtigt wird, die sanierte Putzfläche materialsichtig zu belassen, ist hierfür besondere Sorgfalt unabdingbar. Reparaturmörtel, welche sich in eine bauzeitliche Fläche einordnen sollen, müssen deshalb immer an den Bestand angepasst werden. In den Fällen, wo aufgrund eines sehr schlechten Erhaltungszustands größere Flächen ersetzt werden müssen, kämen u.U. fertig konfektionierte Trockenmörtel in Betracht.

Eine Übersicht von Werk trockenmörteln für Edelputze zum Stand 2009 findet sich im Anhang.

Musterflächen wurden mit einer Auswahl von sieben Werk trockenmörteln von drei verschiedenen Firmen mit Produktionsstätten in der Region angelegt.

3.1 Anlegen von Musterflächen mit Edelputz und Steinputz

Um die ab Werk erhältlichen Edel- und Steinputze auf ihre Eignung als Ersatzmörtel zu testen, wurden Musterflächen am Casinogebäude auf dem Gelände der FHP angelegt. Bei Edelputzen ermöglichte das Weißkalkhydrat als Bindemittel in Verbindung mit farbigen Sanden und Pigmenten bereits zur Erfindungszeit die Herstellung einer großen Farbpalette, welche mit heutigen Zusätzen so erweitert wurde, dass im Grunde jeder Farbton herstellbar ist. Historische Oberflächen der rein mineralischen Putze zeigen ein ausgewogenes Nebeneinander der eingefärbten Mörtelmasse und der materialfarbigen Zuschlagstoffe. Oft angereichert mit Glimmer, ergab sich in der Regel ein lebhaftes Oberflächenbild, gleichzeitig wurden unnatürlich wirkende Farben vermieden. Als färbende Komponenten wurden in der Trockenmörtelindustrie zunächst nur farbige Steinmehle verwendet, durch Hinzufügen von Zementfarben wurde später häufig der Farbton vertieft. Die Probeflächen dienen unter anderem dazu, die Oberflächenwirkung der modernen Putze mit den historischen Oberflächen vergleichen zu können, weshalb zusätzlich eine Handausmischung mit oxidroter Pigmentierung auf der Baustelle angefertigt wurde.

Es wurden folgende Werk trockenmörtel erprobt:

Edelputz	Weber-Maxit	Weber.star 223, PG IV, 2 mm Scheibenputz spezial, Farbe W05059
Edelputz	Weber-Maxit	Weber.top 200, PG IV, 5 mm Edelkratzputz klassisch, Farbe W05774
Edelputz	Handausmischung	Kalkputz mit Sandzuschlag und Glimmer, Pigment: Eisenoxidrot
Edelputz	Heck	ED WP coarse/fine, Edel-Dekor Wascheputz , grob / fein
Edelputz	Rajasil	EP WD, Edelputz WD
Edelputz	Sakret	Scheibenputz SBP, farbig, 2mm, 0008708942/20, 2034
Edelputz	Sakret	Scheibenputz SBP, farbig, 3 mm, 008708942/10, 0343
Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 4367
Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 4012
Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 4360
Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 3190

Tabelle 21: Übersicht erprobte Werk trockenmörtel

Da sich die Zusammensetzung der heutigen Edelputze von den verschiedenen Herstellern weitgehend gleicht, sei als Beispiel das Produkt „weber.top 200 Edelkratzputz klassisch“ von der Firma Weber-Maxit genannt.³⁶² Weber-Maxit gehört zur Saint-Gobain-Gruppe und ist eine Nachfolgesellschaft der Firma Terranova.

³⁶² S. Liste Edelputz-Trockenmörtel Anhang

Laut Produktbeschreibung handelt es sich hierbei um einen „mineralischen Oberputz für außen und innen auf weber.dur Unterputzen sowie als Oberbeschichtung für weber.therm Dämmputz und weber.therm Wärmedämm-Verbundsysteme geeignet“. Das Produkt, ein „werksmäßig hergestellter, mineralischer Trockenmörtel nach DIN EN 998-1“ enthält „Weißzement, Weißkalkhydrat, klassierte mineralische Zuschläge, Zusätze für eine bessere Verarbeitung und Haftung, kalk-, zement- und lichtechte Pigmente, Hydrophobierungsmittel“. Der Putz ist in den Körnungen 1, 2, 3 und 4 mm sowie in 324 verschiedenen Farbtönen erhältlich. Zum Vergleich: der Heck-Edel-Dekor Waschputz enthält Weißkalkhydrat, Weißzement, sorgfältig zusammengesetzte Zuschläge, hydrophobierende Additive, Zusätze zur Verbesserung der Elastizität, mineralische Pigmente.



Anwendungsgebiet	
weber.top 200 klassisch ist ein Oberputz für außen und innen auf weber.dur Unterputzen sowie als Oberbeschichtung für weber.therm Dämmputz und weber.therm Wärmedämm-Verbundsysteme geeignet.	
Produktbeschreibung	
weber.top 200 ist ein werksmäßig hergestellter, mineralischer Trockenmörtel nach DIN EN 998-1.	
Zusammensetzung	
Weißzement, Weißkalkhydrat, klassierte mineralische Zuschläge, Zusätze für eine bessere Verarbeitung und Haftung, kalk-, zement- und lichtechte Pigmente, Hydrophobierungsmittel	
Produkteigenschaften	
<ul style="list-style-type: none"> • schafft ein gesundes Wohnklima durch optimale Wasserdampfdurchlässigkeit • bietet den hohen Schlagregenschutz der Beanspruchungsklasse III nach DIN 4108 • zeigt Selbstreinigungseffekt • ist maschinell und von Hand zu verarbeiten 	
Druckfestigkeit:	≥ 1 N/mm ²
Wasseraufnahmekoeffizient w:	< 0.5 kg/m ² -yh
Kapillare Wasseraufnahme (C):	W2
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ:	≤ 20
Baustoffklasse:	A 1
Festigkeitsklasse:	CS I
Mörtelgruppe:	FI (DIN V 18550)

Qualitätssicherung	
weber.top 200 unterliegt einer ständigen Gütekontrolle durch Fremdüberwachung und Eigenüberwachung nach DIN EN 998-1.	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Dem Mörtel dürfen keine Zusätze zugemischt werden. • Während der Verarbeitung und Austrocknung des Putzmörtels darf die Temperatur der Luft, der verwendeten Materialien und des Untergrundes nicht unter + 5° C absinken. • Der frisch angetragene Putz ist zu schützen vor Regen, um u.a. Ausblühungen zu vermeiden sowie vor schnellem Feuchtigkeitsentzug, um eine optimale Erhärtung sicherzustellen. • Für die Anwendung und Ausführung gelten die DIN 18 350 VOB, Teil C und DIN V 18 550. • Durch die Art des Untergrundes und des Auftragens kann der Verbrauch variieren. Die exakten Verbrauchswerte sind durch Probeflächen am Objekt zu ermitteln. Verbrauchsangaben beziehen sich auf die Mindest-Putzdicke. • Angrenzende Bauteile sind vom Putzsystem zu trennen. 	
Besondere Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Der Farbton des ausgetrockneten Putzes kann durch natürliche Schwankungen im Rohstoff, durch die Putzstruktur sowie die Ausführungs- und Austrocknungsbedingungen von unseren Farbtönenkarten und Mustern abweichen. Dies stellt aber keine Qualitätsminderung oder berechtigte Materialbeanstandung dar. • Material für ein Objekt möglichst auf einmal bestellen. Sind Nachlieferungen notwendig, muss der Rest des alten Materials mit dem neuen gemischt werden. 	

Abb. 151: Beispiel eines werksmäßig hergestellten Edelputzes, rechts Auszug aus Produktdatenblatt

Steinputze waren nicht von unterschiedlichen Firmen lieferbar.³⁶³ Nur der Hersteller Weber-Maxit fertigt von diesem Material ausschließlich auf Anfrage Labormischungen an.³⁶⁴ Im Feldversuch wurden deshalb zusätzlich Steinputze in drei unterschiedlichen Farbgebungen selbst angemischt.



Abb. 152: Steinputzprobenmuster der Firma „Saint-Gobain Weber GmbH“ und die Auswahl für die Probeflächen 2010

³⁶³ Sofern der Begriff überhaupt noch verwendet wird, unterscheidet sich Steinputz nach heutigem Verständnis deutlich von dem ursprünglichen mineralischen Material – oft wird er mit dem für Sockelbereiche verwendeten kunstharzgebundenem Buntsteinputz gleichgesetzt.

³⁶⁴ Hierzu sind keine Datenblätter oder weitere Produktangaben vorhanden.

3.2 Baustellenmischungen Steinputz

Für die Musterflächen wurde Steinputz in rot, grün und gelb angemischt. Hierfür wurden farbige Gesteinsmehle aus Steinbrüchen in Sachsen (gelber Granit, roter Porphyry) und grüner Marmor (Alpengrün) verwendet.³⁶⁵

Steinputz rot	Weißzement, Rochlitzer Porphyry, Pigment Eisenoxidrot, Glimmer
Steinputz rot	Grauzement, Rochlitzer Porphyry, Pigment Eisenoxidrot, Glimmer
Steinputz grün	Weißzement, Alpengrün, Pigment Chromoxidgrün, Glimmer
Steinputz grün	Grauzement, Alpengrün, Pigment Chromoxidgrün, Glimmer
Steinputz gelb	Weißzement, Granitsand+kies, gelb, Melaune, Pigment Eisenoxidgelb, Glimmer
Steinputz gelb	Grauzement, Granitsand+kies, gelb, Melaune, Pigment Eisenoxidgelb, Glimmer

Tabelle 22: Übersicht Baustellenmischungen Steinputz

Als Bindemittel wurde jeweils grauer Portlandzement, chromatarm (CEM I) und Weißzement Dyckerhoff-Weiß (CEM I) hinzugefügt. Weißzement, der erst nach 1926 auf den Markt kam, wird in der Baustoffliteratur bereits seitdem zur Verwendung in durchgefärbten Mörteln empfohlen, da bei Weißzement die Leuchtkraft der färbenden Komponenten nicht durch die Eigenfarbigkeit des Bindemittels gedämpft wird. Die Verwendung von Weißzementen in Reparaturmörteln kann jedoch problematisch sein, da heutige Weißzemente wegen ihres hohen C_3A -Gehalts (Tricalciumaluminat) auf gipshaltigem Mauerwerk zu Ettringitreiben führen können.³⁶⁶

Zur Vertiefung des Farbtons wurden zusätzlich die Pigmente Eisenoxidgelb, Eisenoxidrot und Chromoxidgrün hinzugefügt.

Es wurden zunächst Felder mit Unterputz vorbereitet, auf welche nach dem Abbinden das Auftragen der Oberputze in unterschiedlichen Auftragstechniken erfolgte.



Abb. 153: Musterfelder am Casinogebäude der FHP



Abb. 154: Musterfelder mit Putz der Fa. Sakret



Abb. 155: Steinputzmuster am Casinogebäude der FHP



Abb. 156: Edelputzmuster am Casinogebäude der FHP

³⁶⁵ Alpengrün wurde freundlicherweise von der Firma Kremer-Pigmente GmbH zur Verfügung gestellt.

³⁶⁶ Freundlicher Hinweis von Dipl. Restaurator Hendrik Romstedt, 2011.

3.3 Auswertung

3.3.1 Edelputz

Bereits beim Auftragen der Putze zeigten sich merkbare Unterschiede zwischen den historischen und den modernen Edelputzen. Das Verhalten des Mörtels bei der Verarbeitung verdeutlichte, dass es sich bei den modernen Putzen nicht um rein mineralische Produkte handelt. Der Mörtel wirkte sehr geschmeidig wie eine dicke Emulsion und stand sehr lange feucht. Die Kratzputze konnten erst nach zwei Tagen bearbeitet werden, was ebenfalls auf die Zusätze hindeutet. In getrocknetem Zustand hatten alle Putze eine sehr homogene Oberfläche und einen hohen Glanzgrad und wirkten eher wie farbig gestrichene Putzoberflächen.



Abb. 157: Probefelder mit Putz der Fa. Sakret (Nr. 7 u. Nr. 6)



Abb. 158: Probefelder mit Putz der Fa. Weber-Maxit (Nr. 11 u. Nr. 10)

Im Ergebnis konnten die mit diesen Putzen erstellten Probeflächen nicht für eine Anwendung im Denkmalbereich überzeugen. An heutige Putze werden vor allem aufgrund der heutigen Wärmedämmverbundsysteme vollkommen andere Anforderungen gestellt. Insbesondere die Vergütung oder Modifizierung mit organischen Mitteln, aber auch die weit größere Auswahl an alkalibeständigen Farben, führt zu Oberflächen, die meist sehr von den mineralfarbigen Oberflächen vom Beginn des 20. Jh. abweichen. Die Kunststoffvergütungen führen dazu, dass die Farbe während der Verarbeitung „satter“ wirkt. Die Körnungen werden weitgehend überschlemmt, so dass deren Materialfarbe hinter dem mit Farbe gesättigten Bindemittel „verschwindet“. Bei der vorhandenen Witterungsbeständigkeit der modernen Edelputze dürfte es auch recht lange dauern, bis die Körnungen und damit die Materialfarbe wieder in den Vordergrund treten. Zudem empfehlen die Putzfirmen die zusätzliche Anwendung von Egalisationsanstrichen im Farbton des Edelputzes, die die Wasseraufnahme reduzieren und Gerüstansätze kaschieren sollen. Eine Ausnahme bildet der Edelkratzputz, da die obere Schicht nach dem Anziehen durch das Bearbeiten mit dem „Igel“ aufgerissen wird, wobei einzelne Körnungen oder zugesetzter Glimmer wieder ans Tageslicht treten.

Im Allgemeinen sind jedoch auch bei den großen Konzernen an den Bestand in Sieblinie und Farbe angepasste Putzmörtel erhältlich. Dies lohnt sich für die Firmen jedoch nur bei größeren Projekten und kommt deshalb sowie aus Gründen der Gewährleistung nur bei einem vollständigem Neuaufbau der Putzschichten in Frage.

3.3.2 Steinputz

Die nebeneinander angelegten Steinputz-Probefelder verdeutlichen die allein durch die Wahl des Bindemittels erzielte unterschiedliche Farbwirkung.

Nach einer Abbindezeit von 4 und 5 Tagen wurde die steinmetzmäßige Bearbeitung getestet. Hierbei wurden die Techniken Scharrieren und Zahnen angewendet. Hinsichtlich ihrer Bearbeitungsfähigkeit zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Materialmischungen, die auf die unterschiedlichen Zuschläge zurückzuführen sind.

Der Steinputz mit der grünen Marmorkörnung ließ sich von allen Steinputzen beim Auftragen am besten verarbeiten. Auch war die steinmetzmäßige Bearbeitung am einfachsten. Dies lässt sich mit der gleichmäßigeren Korngrößenverteilung als auch mit der geringen Härte des Marmorkorns begründen. Ein weiterer Faktor dürfte möglicherweise der unterschiedliche Wasserbedarf der Zuschlagstoffe sein, der Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften bewirkt.



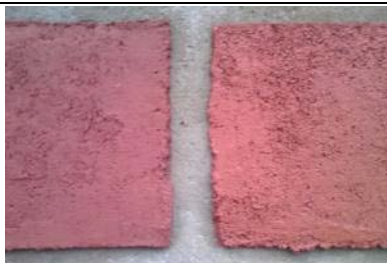
Steinputze		
Bezeichnung	Grauzement	Weißzement
 Abb. 159: Gelber Granit 1:4	1 RT (ca. 0,8 l) Grauzement 4 RT Granit (ungesiebt) ca. 12,5 g Glimmer 5% Eisenoxidgelb (Nr. 17)	1 RT (ca. 0,8 l) Weißzement 4 RT Granit (ungesiebt) ca. 12,5 g Glimmer 5% Eisenoxidgelb (Nr. 16)
 Abb. 160: Steinputz Alpengrün 1:3	1 RT (ca. 0,8 l) Grauzement ca. 3 RT Alpengrün (je 1 kg 1,8-2,5 mm / 0,7-1,2 mm / 0-0,6 mm) ca. 12,5 g Glimmer 5% Chromoxidgrün (Nr. 15)	1 RT (ca. 0,8 l) Weißzement ca. 3 RT Alpengrün (je 1 kg 1,8-2,5 mm / 0,7-1,2 mm / 0-0,6 mm) ca. 12,5 g Glimmer 5% Chromoxidgrün (Nr. 14)
 Abb. 161: Steinputz Porphyry 1:3	5 l Grauzement 15 l Porphyry (ungesiebt) ca. 12,5 g Glimmer 5% Eisenoxidrot (Nr. 13)	5 l Weißzement 15 l Porphyry (ungesiebt) ca. 12,5 g Glimmer 5% Eisenoxidrot (Nr. 12)

Tabelle 23: Rezepturen Baustellenmischungen Steinputz

Beim nachträglichen Scharrieren wurde mit dem Scharriereisen „im gleichmäßigen schmalen oder breiten Scharrierschlag“³⁶⁷ in eine Richtung, aber auch fächerförmig, gearbeitet. Das Zahnen erfolgte mit einem Zahneisen.

³⁶⁷ Clas: Steinputz in Theorie und Praxis in: Deutsche Bauzeitung, Heft 8/1926, S. 62.

Die Steinputze der Firma Weber-Maxit ließen sich sehr schlecht bearbeiten, da die Oberfläche bereits nach fünf Tagen sehr hart war. Dieser Umstand könnte jedoch verbessert werden, indem die Oberfläche nach dem Anziehen leicht abgewaschen oder vor dem steinmetzmäßigen Bearbeiten abgeschliffen wird, um die Sinterschicht zu entfernen.



Abb. 162: Scharrieren der Probefläche



Abb. 163: Zähnen der Probefläche

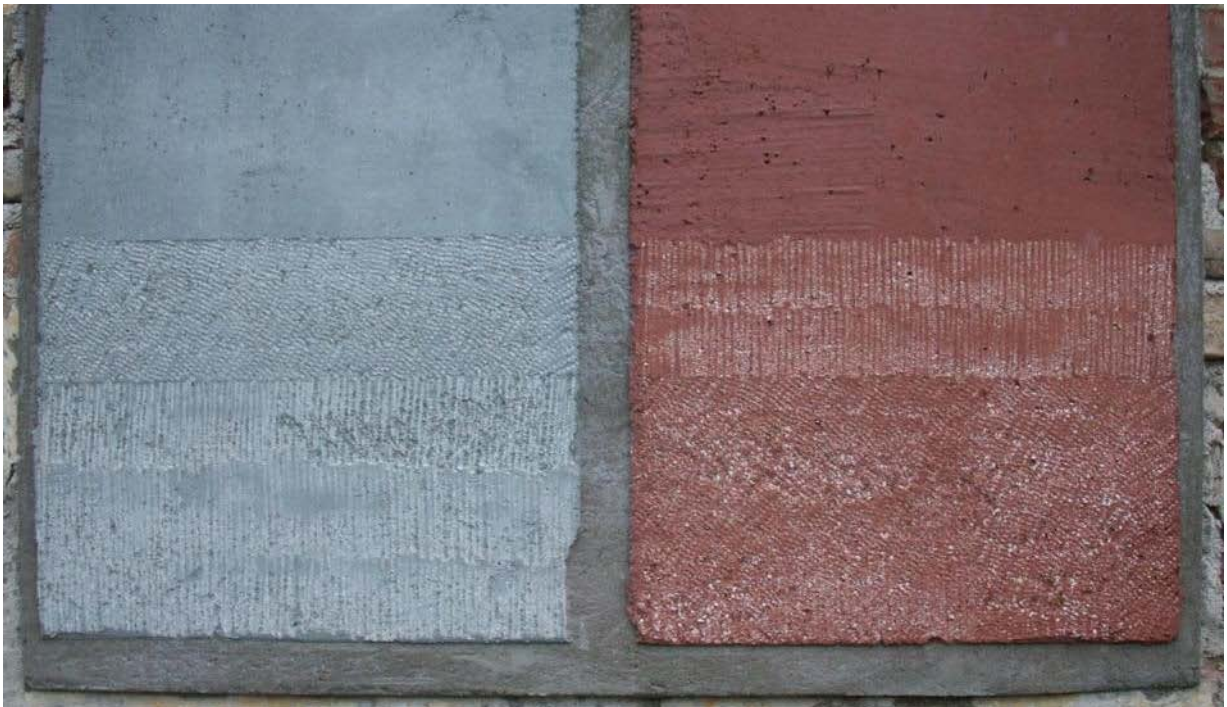


Abb. 164: Steinmetzmäßig bearbeitete Probeflächen Weber.San 191 Steinputz, links Labornr. 4012, rechts Labornr. 4367 (Nr. 9 und Nr. 8)



Abb. 165: Steinmetzmäßig bearbeitete Probefläche der Steinputz-Baustellenmischung Alpengrün mit Grauzement (Nr. 15)



Abb. 166: Steinmetzmäßig bearbeitete Probefläche der Steinputz- Baustellenmischung rechts gelber Granit mit Grauzement (Nr. 17)

Die Zuschläge der Handmischungen wurden mittels Siebanalysen untersucht, um die Korngrößenverteilung der direkt aus dem Steinbruch/Mahlwerk und der bereits gesiebten Körnungen zu ermitteln. Es ließ sich feststellen, dass alle drei Zuschläge Korngrößen auch im kleinsten Bereich aufweisen.

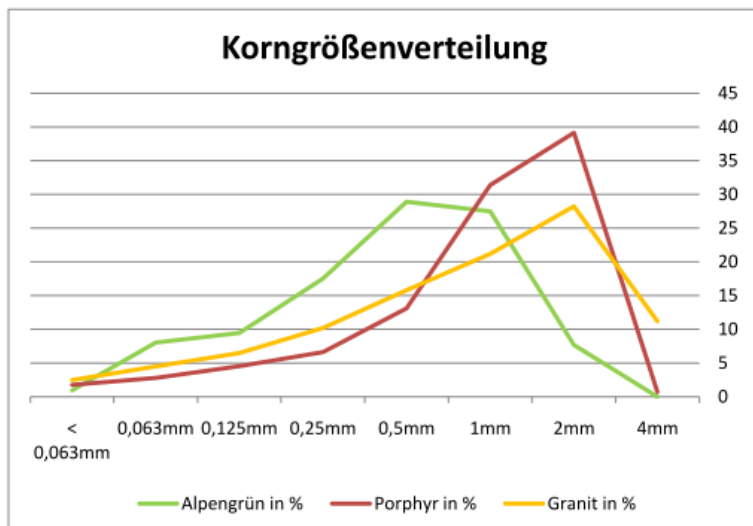


Abb. 167: Diagramm Korngrößenverteilung Zuschläge der Putzprobeflächen am Casino der FHP

Während der Granit- und der Porphyrsand ungesiebt aus dem Steinbruch verarbeitet wurden, wurden jeweils ein Kilogramm des grünen Marmors in den ausgesiebten Korngrößen Marmor­mehl 0/0,6mm, Marmor­mehl/Marmor­grieß 0,6/1,2mm und Marmor­splitt 1,8/2,5mm für die Handmischung verwendet.

Die Feldversuche wurden im folgenden Jahr mit der Applikation von Probemischungen für den Steinputz des Pergamon­museums nachstellende Steinputze weitergeführt (s. Kap. 6.10.2.4 „Zweitproben im Feldversuch am Casino­gebäude der FH-Potsdam“).

Im Feldversuch verwendete Werk trockenmörtel und Baustellenmischungen

Nr.	Putzart	Firma	Bezeichnung	B/Z-Verh.	Pigmentierung	Rezeptur / Menge
1	Edelputz	Weber-Maxit	Weber.star 223, PG IV, 2 mm Scheibenputz spezial, Farbe W05059			1 Sack, 25 kg
2	Edelputz	Weber-Maxit	Weber.top 200, PG IV, 5 mm Edelkratzputz klassisch, Farbe W05774			1 Sack, 25 kg
3	Edelputz	Baustellenmischung	Kalkputz mit Sandzuschlag und Glimmer, Pigment: Eisenoxidrot		Eisenoxidrot	Otterbeiner Kalk mit Sandzuschlag und Muskovit-Glimmer
4	Edelputz	Heck	ED WP coarse/fine, Edel-Dekor Waschelputz , grob / fein			1 Sack, 25 kg
5	Edelputz	Rajasil	EP WD, Edelputz WD			1 Sack, 25 kg
6	Edelputz	Sakret	Scheibenputz SBP, farbig, 2mm, 0008708942/20, 2034			1 Sack, 25 kg
7	Edelputz	Sakret	Scheibenputz SBP, farbig, 3 mm, 008708942/10, 0343			1 Sack, 25 kg
8	Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 4367			1 Sack, 25 kg
9	Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 4012			1 Sack, 25 kg
10	Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 4360			1 Sack, 25 kg
11	Steinputz	Weber-Maxit	Weber.San 191 Steinputz, Labornr. 3190			1 Sack, 25 kg
12	Steinputz	Baustellenmischung	Weißzement, Rochlitzer Porphy, Pigment Eisenoxidrot, Glimmer	1:3	5 % Eisenoxidrot	5 l Weißzement, 15 l Porphy (ungesiebt), ca. 12,5 g Muskovit-Glimmer
13	Steinputz	Baustellenmischung	Grauzement, Rochlitzer Porphy, Pigment Eisenoxidrot, Glimmer	1:3	5 % Eisenoxidrot	5 l Zement, 15 l Porphy (ungesiebt), ca. 12,5 g Muskovit-Glimmer
14	Steinputz	Baustellenmischung	Weißzement, Alpengrün, Pigment Chromoxidgrün, Glimmer	1:3	5 % Chromoxidgrün	1 RT (ca. 0,8 l) Weißzement, ca. 3 RT Alpengrün (je 1 kg 1,8-2,5 mm / 0,7-1,2 mm / 0-0,6 mm), ca. 12,5 g Muskovit-Glimmer
15	Steinputz	Baustellenmischung	Grauzement, Alpengrün, Pigment Chromoxidgrün, Glimmer	1:3	5 % Chromoxidgrün	1 RT (ca. 0,8 l) Zement, ca. 3 RT Alpengrün (je 1 kg 1,8-2,5 mm / 0,7-1,2 mm / 0-0,6 mm), ca. 12,5 g Muskovit-Glimmer
16	Steinputz	Baustellenmischung	Weißzement, Granitsand+-kies, gelb, Melaune, Pigment Eisenoxidgelb, Glimmer	1:4	5 % Eisenoxidgelb	1 RT (ca. 0,8 l) Weißzement, 4 RT Granit (ungesiebt), ca. 12,5 g Muskovit-Glimmer
17	Steinputz	Baustellenmischung	Grauzement, Granitsand+-kies, gelb, Melaune, Pigment Eisenoxidgelb, Glimmer	1:4	5 % Eisenoxidgelb	1 RT (ca. 0,8 l) Zement, 4 RT Granit (ungesiebt), ca. 12,5 g Muskovit-Glimmer

4 Bestandsaufnahme von historischen Bauten mit Edel- und Steinputzflächen in Berlin/Brandenburg

4.1 Objektrecherche

Auf Grundlage von Referenzlisten der Terranova-Industrie wurde eine Recherche zu Objekten im Raum Berlin-Brandenburg durchgeführt, deren Fassadengestaltung mit Edelputz von Terranova erfolgte.

Die Referenzlisten umfassen drei verschiedene Zeitabschnitte und sind je in das damalige Alt-Berlin (Mitte, Tiergarten, Wedding, Prenzlauer Berg, Kreuzberg, Friedrichshain) und seine umliegenden Städte, Landgemeinden und Gutsbezirke (Charlottenburg, Spandau, Wilmersdorf, Schöneberg, Neukölln, Köpenick, Lichtenberg, Pankow, Reinickendorf, Steglitz, Zehlendorf, Tempelhof, Treptow und Weißensee) unterteilt, die erst 1920 zur Gründung Groß-Berlins in das Alt-Berliner Stadtgebiet eingemeindet wurden. Das Alt-Berliner Gebiet ist lediglich in Himmelsrichtungen eingeteilt, die einzelnen Bezirke werden nicht genannt. Straßennamen, Hausnummern und eine nähere Objektbezeichnung, wie z.B. „Apotheke“, „Villa Israel“ oder „Wohnhaus“, verweisen auf den genauen Standort und die Art des verputzten Gebäudes. Des Weiteren werden auch einige Bauten aus der Berliner Umgebung (z.B. Potsdam, Kirchmöser bei Brandenburg a. H.) genannt. Insbesondere bei diesen fehlen jedoch genaue Angaben zum Standort.

Im ersten Zeitraum „beginnend mit dem Jahre 1897“ erfolgt eine „Aufstellung älterer Berliner Bauten [...]“, die „[...] in Terranova ausgeführt“ worden sind. Für das Jahr 1913 werden „größere Bauten [...]“ aufgelistet, während der dritte Zeitabschnitt „beginnend mit dem Jahre 1921 [...]“ „neuere[r] Bauten [...]“ benennt. Einige Objekte werden sowohl auf der Liste ab 1897 als auch auf der von 1913 aufgeführt. Im Folgenden werden diese beiden Listen zu einer Liste von 1897 und 1913 zusammengefasst. Laut den Listen wurden vor sowie nach dem ersten Weltkrieg vornehmlich öffentliche bzw. repräsentative Bauten, wie Schulen, Krankenhäuser, Ämter, Rathäuser, Hotels, Theater und Lichtspielhäuser, mit Edelputz gestaltet. In gleichem Maße wurde Edelputz mit großer Beliebtheit an großen bzw. bekannten Geschäftshäusern, wie z.B. an den Warenhäusern von Wertheim, an Banken und Privatversicherungsanstalten verwendet. Des Weiteren werden Wohnhäuser, Wohnhausblöcke und Siedlungen genannt; letztere vermehrt in der Zwischenkriegszeit. Die Anzahl der verputzten, vor allem in den Ortsteilen zwischen Berlin und Potsdam gelegenen Villen steigt nach 1921 um das Dreifache an, während bei den öffentlichen Repräsentationsbauten und den privaten Geschäftshäusern ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist. Die Referenzlisten von Terranova können nur einen unvollständigen Überblick über die Art, Anzahl und Verteilung der mit Edelputz gestalteten Gebäude gewähren, da sie keine genauen Zeiträume benennen. So kann die bei 1921 beginnende Liste einen kürzeren Zeitraum und somit weniger Gebäude umfassen als die Liste ab 1897 bis vermutlich ca. 1913. Zu bedenken ist auch, dass die Listen vermutlich nur vorwiegend repräsentative Bauten und weniger kleinere Gebäude verzeichnen.

Zu Beginn der Recherche zu den auf den Terranova-Listen aufgeführten Gebäuden mussten die teils veralteten Angaben zu Straßennamen und Ortsteilen in die heutigen Bezeichnungen überführt werden. Dies erfolgte durch den Abgleich von alten Straßenkarten (z.B. Straubes Übersichtsplan von Berlin, 1910) mit dem heutigen Stadtplan Berlins sowie über Datenbanken im Internet. Mit den aktuellen Straßennamen und einigen markanten Objektbezeichnungen konnten einige Bauten über die Denkmaldatenbanken bzw. Denkmallisten Berlin-Brandenburgs und Potsdams als die auf den referenzlisten verzeichneten identifiziert werden. Des Weiteren konnten teils schon über Google-Streetview erste Aussagen zur Authentizität getroffen werden – so z.B. ob sich auf dem angezeigten Standort noch das gesuchte Gebäude befindet, obgleich es nicht in der Denkmaldatenbank gelistet ist. Weiterhin wurden auch Objekte aufgenommen, die nicht auf den Terranova-Referenzlisten verzeichnet sind, sondern die während des DBU-Projekts ausfindig gemacht wurden und definitiv mit einem Edelputz gestaltet sind.

Nach dieser überwiegend digitalen Vorrecherche wurden die vermutlich noch vorhandenen Objekte angefahren und fotografisch dokumentiert. Erste Aussagen über den sichtbaren Putzbestand und dessen Zustand wurden schriftlich festgehalten. Des Weiteren wurde eine Liste erstellt (s. Tabelle Anhang), die alle Daten (z.B. Architekt, Datierung, Provenienz, Zustand, etc.) zu den einzelnen Objekten erfasst. Diese sind durch unterschiedliche Farben in ihren jeweiligen Zustand kategorisiert. So steht z.B. die Farbe „rot“ für ein Objekt, das nicht mehr existiert. Um eine bessere Übersicht über die Verteilung der Objekte innerhalb Berlin-Brandenburgs zu erhalten, wurden die Objekte mit ihrer jeweiligen Farbe als Pin in eine Karte (s. Anhang) übertragen. Die Pins enthalten die Objekt-Nr., die in der Objektabelle wiederzufinden ist.

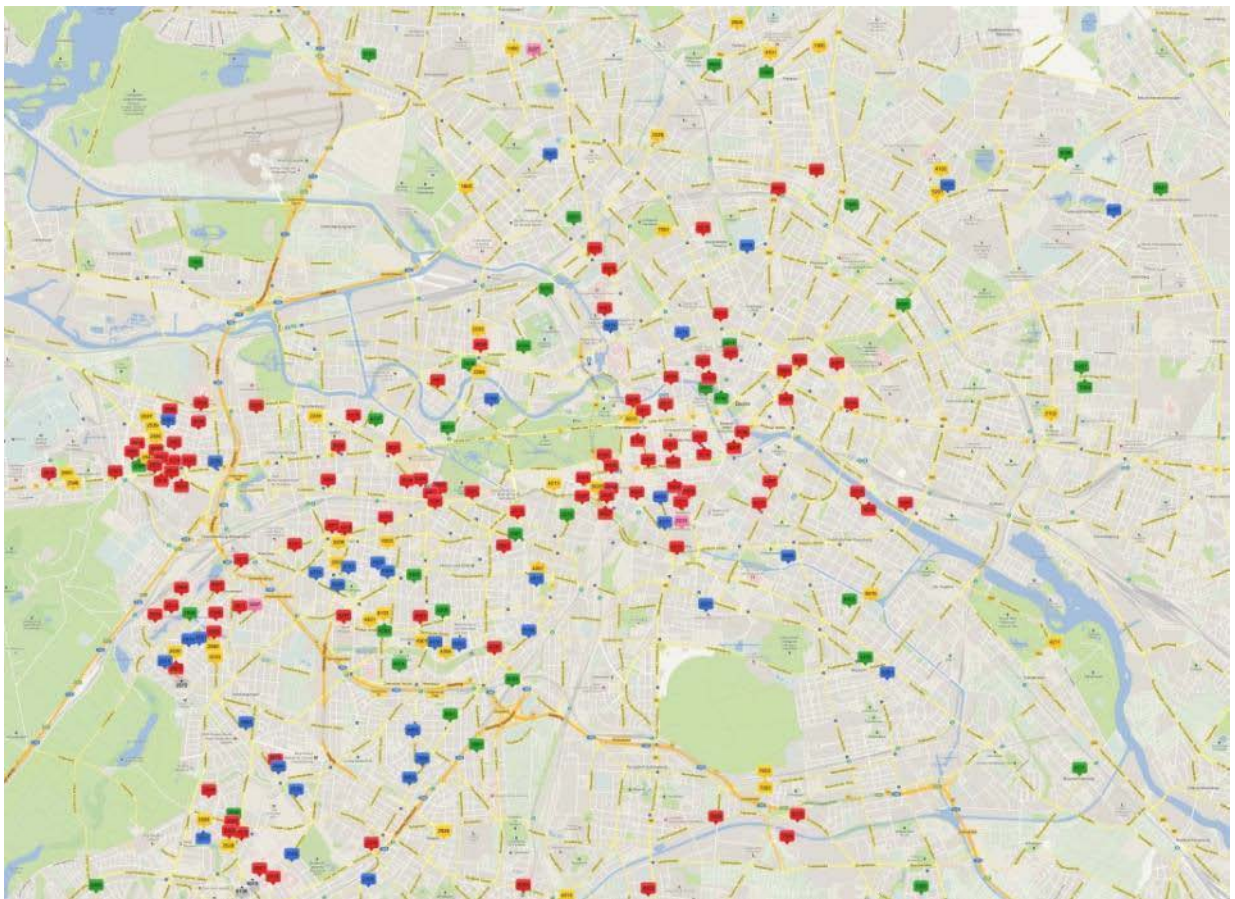


Abb. 168: Karte mit den in der Objektliste verzeichneten Bauten in Berlin; Ausschnitt aus Gesamtkarte

Legende - Kategorisierung des Zustands

Pinfarbe	Zustand
grün:	Gebäudebestand mit mineralischem, durchgefärbtem Edelputz
blau:	Gebäudebestand mit mineralischem, durchgefärbtem Edelputz unter einem Anstrich
gelb:	Gebäudebestand mit gefasstem Putz, Putzoberfläche nicht sichtbar
pink:	Gebäude gelistet, Standort aber unsicher, da keine Angabe der Hausnummer
rot:	Gebäude oder Putz abgängig
Pin mit Punkt:	keine Untersuchung vor Ort (weiß gekennzeichnete Zeilen in der Objektliste)

4.2 Objektkatalog

Alle Objekte, die letztlich noch in ihrem vermutlich ursprünglichen Zustand bestehen, also eine mineralische sowie durchgefärbte Putzoberfläche zeigen, wurden in Form von Steckbriefen katalogisiert. Diese Objektsteckbriefe sind nach der Objekt-Nr. sortiert und enthalten ebenfalls die o. g. Daten.

4.2.1 Statistische Auswertung des Bestandes und der Verbreitung im Raum Berlin Brandenburg

Für die statistische Auswertung wurden ausschließlich die Objekte der Terranova-Referenzlisten betrachtet.

Aus der vorliegenden Bestandsrecherche ergibt sich, dass von den insgesamt 265 (100%) Bauten, die laut Referenzlisten von der Firma Terranova von 1897 bis in die 1920er Jahre mit Edelputz gestaltet worden sind, 123 Objekte (rot, 46%), nicht mehr existieren. Von den noch bestehenden 142 Objekten (54%) besitzen lediglich noch 36 einen mineralischen, durchgefärbten Putz ohne Anstrich (grün, 13%). Die restlichen 92 Gebäude sind gefasst bzw. überarbeitet. Aufgrund von Fehlstellen in der Anstrich- bzw. in der Putzschicht kann vage die Annahme erfolgen, dass etwa die Hälfte dieser 90 Objekte (blau, 16%) noch einen mineralischen, durchgefärbten Putz besitzen. Über die Vollständigkeit dieses Putzes und ob es sich tatsächlich um einen Terranova-Edelputz handelt, können keine Aussagen getroffen werden, da hierfür weitere Untersuchungen am jeweiligen Gebäude erfolgen müssten. Dies gilt auch für die andere Hälfte der gefassten Gebäude (gelb, 20%), wo es keinerlei Anhaltspunkte zur Art des Verputzes (z.B. über Fehlstellen) gibt.

14 der auf den Terranova-Listen vermerkten Gebäude (pink, 5%) konnten ohne weitere Nachforschungen nicht eindeutig identifiziert werden. Auch konnten hier nur geringe Angaben zur Art der Putztechnik erfolgen, da die Dicke der Farbschicht die Oberflächenstruktur oft egalisiert bzw. verschleiert.

Zu den 36 Objekten, die einen mineralischen, durchgefärbten Putz aufweisen (grün, 13%), kann nicht mit 100%iger Sicherheit gesagt werden, dass es sich noch um die originalen Terranova-Edelputze handelt. Bedenkt man vor allem die zwei Weltkriege, könnten die Gebäude in den letzten 100 Jahren auch neu verputzt worden sein. Bei diesem Putz könnte es sich einerseits ebenfalls um einen Edelputz handeln, andererseits auch um eine durchgefärbte Baustellenmischung.

Die Putze einiger weniger Gebäude sind in einem so guten Zustand, dass davon auszugehen ist, dass es sich um einen rekonstruierten Putz aus neuerer Zeit handelt (z.B. Rathaus Neukölln, Objekt-Nr.: 4209). Um also genaue Aussagen zur Authentizität treffen und diese belegen zu können, müssten die Putzbestände dieser 38 Gebäude noch naturwissenschaftlichen und baugeschichtlichen Untersuchungen unterzogen werden.

Bei Betrachtung aller Objekte mit heutigem Edelputz-Bestand (Objekte aus Objektkatalog) hinsichtlich der Ausführungstechnik lassen sich klare Tendenzen zur Verteilung erkennen (s. Grafik). Von den vielen in Kapitel „Ausführungstechniken“ vorgestellten Techniken finden sich nur sieben an den Bauten wieder. Dabei handelt es sich um Kratzputze, Spritzputze, geriebene Glattputze, Schleppputze, Kammputze, Münchner Rauputze und Sgraffito-Arbeiten. Die Grafik zeigt, dass über die Hälfte, nämlich 35 der Objekte einen Kratzputzbestand aufweisen und auch die Häufigkeit der Spritzputz-Bestände mit 15 Objekten tritt klar hervor. Diese Werte werden durch einen Vergleich mit der Verkaufsstatistik von Terranova Wien (s. Grafik) bestätigt. Insgesamt können acht Objekte mit geriebenen Glättputzen aufgeführt werden; vier mit Schleppputzen. Alle anderen Techniken wurden lediglich je an einem Objekt festgestellt. An sechs Gebäuden wurden zudem Steinputzbestände in diversen Techniken aufgewiesen.

Da die ermittelten Werte lediglich die jeweilige Putztechnik im Verhältnis zu den katalogisierten Objekten wiedergeben und nicht das flächenmäßige Verhältnis, kann keine repräsentative Aussage darüber getroffen werden, wie groß der Anteil der jeweiligen Technik an der Gesamtfläche des Putzbestands ist. Verdeutlicht wird dies beispielsweise an dem enormen Putzbestand der Hufeisensiedlungen im Vergleich zu dem einer Einzelhauses, welche beide jeweils nur als ein Objekt behandelt werden.

Folgende Objekte wurden im Objektkatalog verzeichnet (eine vollständige Objektliste befindet sich im Anhang):

Lfd. Nr.	Obj.-Nr.	Objekt	Referenz
001	1100	Großsiedlung Siemensstadt, gesamt, Berlin-Siemensstadt	Pitz/Brenne
003	1200	Hufeisensiedlung, gesamt, Berlin-Britz	Pitz/Brenne
018	1500	Wohnstadt Carl Legien, gesamt, Berlin-Prenzlauer Berg	DBU-Projekt
020	1700	Wohnhaussiedlung, Schönlanke Straße (alt), Ernst-Fürstenberg-Straße, Berlin-Prenzlauer Berg	DBU-Projekt
023	2103	Häuserblock, Graf-Roedern-Corso (alt), Hatzfeldallee, Berlin-Tegel	Liste 1913
028	2108	Wohnhausblock, General-Barbystraße, Berlin-Reinickendorf	Liste >1921
036	2206	Wohnhaus, Berliner Straße, Berlin-Wilmersdorf	Liste 1897-1912
038	2208	Wohnhaus, Bundesratufer 4, Berlin-Moabit	Liste 1913
055	2225	Wohnhaus, Potsdamer Straße 38 (alt), Potsdamer Straße 96, Berlin-Tiergarten	Liste 1913
065	2235	Wohn-, Geschäftshaus, Wasserturm, Ludolfingerplatz 1/3, Berlin-Frohnau	DBU-Projekt
066	2301	Siedlungshäuser des Beamten-Wohnungsvereins, Alte Zauche (alt), Heinrich-Mann-Allee 26-64, Potsdam	Liste >1921
068	2501	Landhaus Abraham, Seepromenade 41, Potsdam-Groß Glienicke	DBU-Projekt
069	2502	Liebermann-Villa, Colomierstraße 3, Am Großen Wannsee 42, Berlin-Wannsee	DBU-Projekt
073	2506	Villa Baurat Walther, Königsallee 20, Berlin-Grunewald	Liste 1913
114	2547	Wohnhaus Frohnau, Dinkelsbühler Steig 6, Berlin-Frohnau	DBU-Projekt
125	2558	Villa Wolski, Musäusstraße 7, Berlin-Dahlem	Liste >1921
126	2559	Villa, Adalbertstraße 15/17 (alt), Bergengruenstraße 15, Berlin-Zehlendorf	Liste 1913
127	2560	Villa, Berliner Straße 27 (alt), Ostpreußendamm 27, Berlin-Lichterfelde	Liste 1913
137	2570	Villa, Hubertusdamm 18, Neu-Babelsberg (alt), Berlin-Wannsee	Liste >1921
152	2586	Villa, Württembergallee 25, Berlin-Westend	Liste >1921
153	2587	Villa Adlon, Nedlitz (alt), Potsdam-Neu Fahrland	Liste >1921
154	2588	Villa, Amundsensstraße 38, Potsdam-Bornstedt	DBU-Projekt
155	2589	Wohnhaus Wilhelmshorst, Peter-Huchel-Chausee 59, 14552 Wilhelmshorst	DBU-Projekt
156	2590	Wohnhaus Schöneiche, Waldstraße 25, 15566 Schöneiche	DBU-Projekt
157	2591	Neutra-Villa, Spandauer Straße 91 (alt), Onkel-Tom-Straße 91, Berlin-Zehlendorf	DBU-Projekt
164	3007	Theater am Nollendorfplatz (zuvor „Neues Schauspielhaus/Mozartsaal“), Nollendorfplatz 5, Berlin-Schöneberg	Liste 1897-1912
166	3010	Roxy-Palast, Hauptstraße 78-79, Berlin-Steglitz	DBU-Projekt
168	3101	Pergamonmuseum, Bodestraße 1, Berlin-Mitte	DBU-Projekt
170	3103	Orangerie, Kaiserl. Schloß Sanssouci, Potsdam-Nauener Vorstadt	Liste 1913
171	3201	Schloss Biesdorf, Alt-Biesdorf 55, Berlin-Biesdorf	DBU-Projekt
172	3202	Villa Schmidt (ehem.- Schloss Hohenschönhausen), Hauptstraße 44, Berlin-Alt Hohenschönhausen	Liste >1921
175	4003	Kreis Krankenhaus, sämtliche Gebäude, Salvador-Allende-Straße 2-8, Berlin-Köpenick	Liste 1913
178	4006	Säuglingskrankenhaus, Hansastraße 178/ 180, Berlin-Weißensee	DBU-Projekt
186	4205	Oberpostdirektionsgebäude, Am Kanal, Potsdam	Liste 1897-1912
189	4209	Rathaus-Erweiterungsbau, Berliner Straße (alt), Karl-Marx-Straße 83, Berlin-Neukölln	Liste 1913
190	4210	Rathaus, Carl-Schurz-Straße 2-6, Berlin-Spandau	Liste 1897-1912
192	4212	Regierungsgebäude, Spandauer Straße (alt), Friedrich-Ebert-Straße 79/81, Potsdam	Liste 1897-1912
195	4215	Hauptzollamt, Görschstraße 45-46, Berlin-Pankow	Liste 1913
198	4302	Cäcilienkirche, Nikolsburger Platz, Berlin-Wilmersdorf	Liste 1897-1912
207	4311	Kirche, Schule, Baumschulenstraße 79-81, Berlin-Baumschulenweg	Liste 1897-1912
210	4314	Lyzeum, Mainzer Straße, Berlin-Wilmersdorf	Liste 1897-1912
216	4320	Goethe-Gymnasium, Gasteiner Straße 21-25, Berlin-Wilmersdorf	DBU-Projekt
217	4321	Carl-von-Ossietzky-Gymnasium, Görschstraße 42-44, Berlin-Pankow	DBU-Projekt
222	4405	Nikodemuskirche, Nansenstraße 12-13, Berlin-Neukölln	Liste 1913
225	4408	Buddhistisches Haus, Edelhofdamm 54, Berlin-Frohnau	DBU-Projekt
226	4409	Kirche, St. Konrad, Rubensstraße 74-78, Berlin-Schöneberg	DBU-Projekt
227	4410	Kirche Hangelsberg, Hauptstraße 41, Grünheide (Mark)	DBU-Projekt
229	4601	Haus der Offiziere, Hauptgebäude, Diorama, Wünsdorf	DBU-Projekt
259	5030	Geschäftshaus, Rosenthaler Straße 13, Berlin-Mitte	DBU-Projekt
262	5104	Mitteldeutsche Creditbank, Burgstraße 26, Berlin-Mitte	Liste 1897-1912
271	5207	Konsumverein, Rittergutstraße (alt), Josef-Orlopp-Straße 32-56, Berlin-Lichtenberg	Liste 1913
286	6003	Stellwerksgebäude der Eisenbahn, Sachsenendamm, Werdauer Weg, Berlin-Schöneberg	Liste 1897-1912
287	6004	S-Bahnhof-Tiergarten, Berlin-Hansaviertel	DBU-Projekt
289	6102	Erweiterungsbau des Kriminalgerichtes Moabit, Turmstraße 91, Berlin-Moabit	Liste 1897-1912
291	6104	Feuerwehr-Depot, Rathausstraße 70, Berlin-Mariendorf	Liste 1913
293	6106	Polizeidienstgebäude, Rathausstraße 72, Berlin-Mariendorf	Liste 1913
294	6107	Starkstrom-Laboratorium, Guerickestraße 18, Berlin-Charlottenburg	Liste 1897-1912
297	6301	Inspektorhaus des Krematoriums, Gerichtstraße, Berlin-Wedding	Liste >1921
298	6302	Mausoleum Familie Harteneck, Südwestkirchhof Stahnsdorf, Bahnhofstraße, Stahnsdorf	DBU-Projekt
302	7004	Haferfütterbrotfabrik, Rittergutstraße 45/46 (alt), Josef-Orlopp-Straße 56, Berlin-Lichtenberg	Liste 1913
307	7009	Zigarettenfabrik Garbaty, Berliner Straße 124, Berlin-Pankow	Liste 1913
308	7010	Wertheimgebäude Kulturfabrik, Lehrter Straße 35, Berlin-Moabit	DBU-Projekt
309	7011	Alte Seidenfabrik Pignol & Heiland, Behlertstraße 29, Potsdam	DBU-Projekt

Abb. 169: Liste der im Objektkatalog verzeichneten Bestands-Bauten in Berlin/Brandenburg




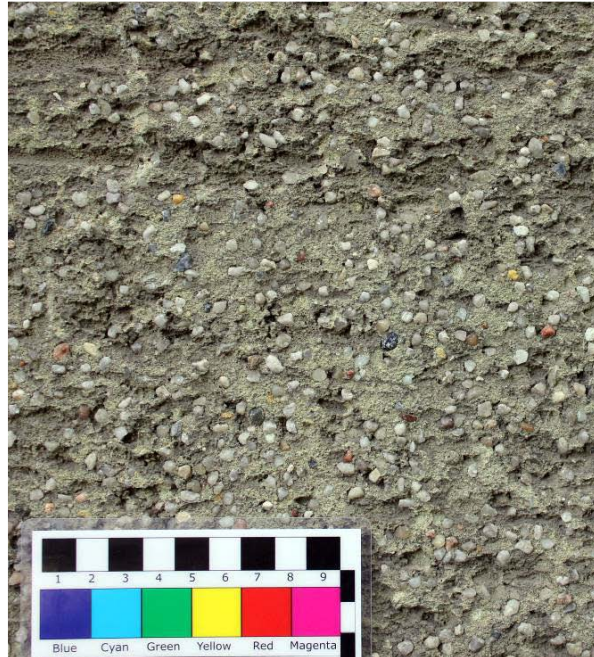

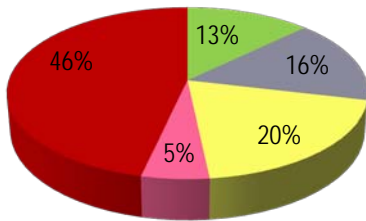
Objekt: -Berlin-Tegel, Hatzfeldtallee, Wohnhausblock -		Obj.-Nr.: 2103 DL-Nr.: -	
Architekten/ Künstler: n. b.	Adresse: Hatzfeldtallee 16-28, 13509 Berlin Bezirk: Reinickendorf Ortsteil: Tegel		
Oberfläche: Edelputz	Farbe: Hellgrau		Technik: Schleppputz, horizontal gezogen
Provenienz: Fa. Terranova, 1913			
Baugeschichte: - Datierung um 1913			
Bestand/ Zustand: - vergraut			
			
			

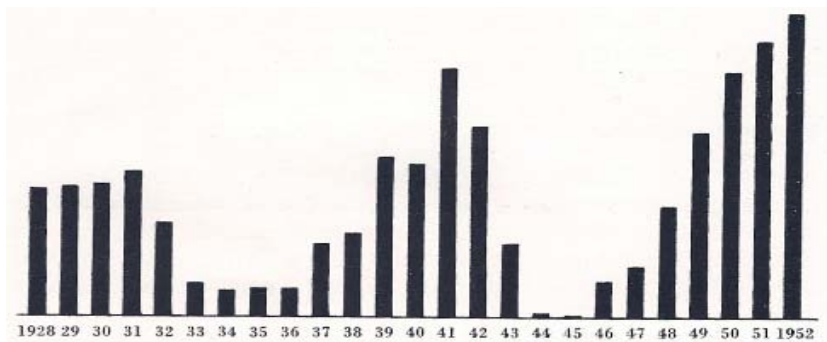
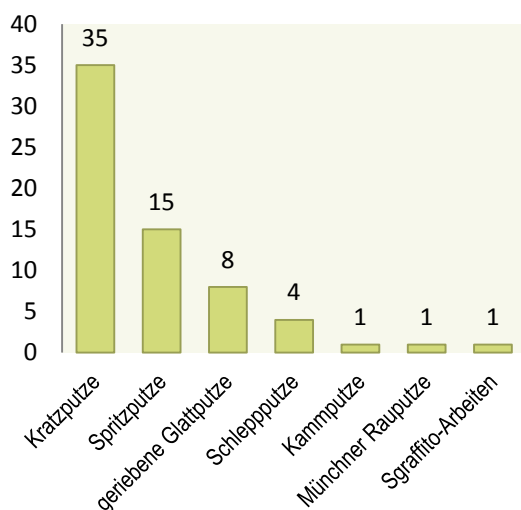
Abb. 170: Beispiel eines Objekt-„Steckbriefs“ der verzeichneten Bestands-Bauten in Berlin



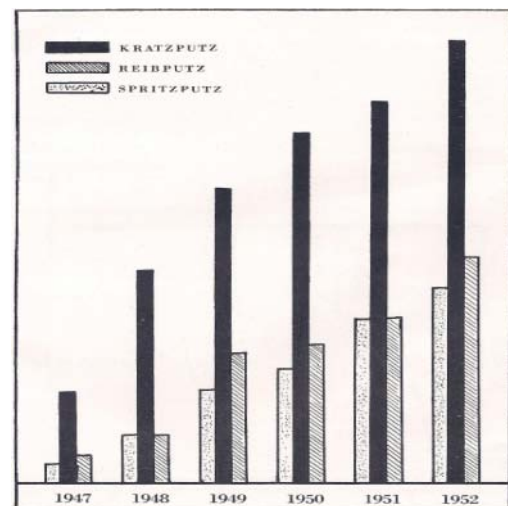
Legende - Kategorisierung des Zustands

Pinfarbe	Zustand
grün:	Gebäudebestand mit mineralischem, durchgefärbtem Edelputz
blau:	Gebäudebestand mit mineralischem, durchgefärbtem Edelputz unter einem Anstrich
gelb:	Gebäudebestand mit gefasstem Putz, Putzoberfläche nicht sichtbar
pink:	Gebäude gelistet, Standort aber unsicher, da keine Angabe der Hausnummer
rot:	Gebäude oder Putz abgängig
Pin mit Punkt:	keine Untersuchung vor Ort (weiß gekennzeichnete Zeilen in der Objektliste)

Grafik 3: Zustand der Objekte aus den Terranova- Referenzlisten

Grafik 4: Allgemeine Entwicklung der Verkaufszahlen für Terranova Wien von 1928 bis 1952³⁶⁸

Grafik 5: Im Objektkatalog vertretende Putztechniken

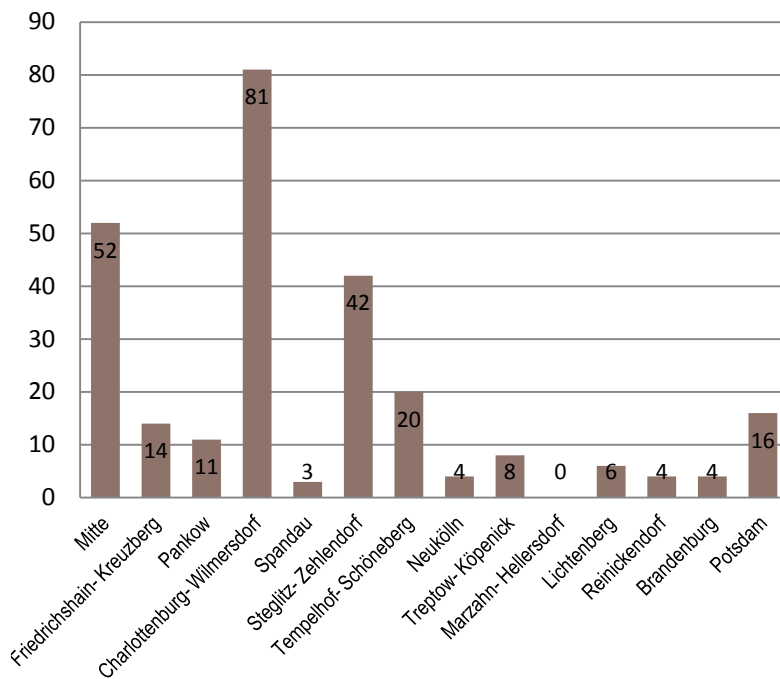
Grafik 6: Statistik der von Terranova Wien zwischen 1947 bis 1952 verkauften Putzarten³⁶⁹

³⁶⁸ Terranova Wien (Hrsg.): 60 Jahre Terranova. 1893-1953. Rückschau und Ausblicke auf die Technologie der Putzmörtel, Wien 1953.

³⁶⁹ Ebenda, S.75.

Die Stadtkarte mit den verzeichneten Objekten (s. Anhang) und die graphischen Darstellungen verdeutlichen den Zustand und die regionale Verteilung der Bauten in Berlin-Brandenburg.

Es zeigt sich, dass in den Bezirken Mitte (52), Charlottenburg-Wilmersdorf (81) und Steglitz-Zehlendorf (42) mit Abstand die meisten Bauten in Terranova verputzt worden sind. In Mitte handelt es sich hauptsächlich um repräsentative öffentliche Gebäude, also weniger um Wohnhäuser, während der großen Anzahl der mit Edelputz versehenen Gebäude in Charlottenburg-Wilmersdorf und auch in Steglitz-Zehlendorf größtenteils Villen zu Grunde liegen, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts in ganzen Kolonien am Rande Berlins entstanden. Es folgen Tempelhof-Schöneberg (20), Potsdam (16) und Friedrichshain-Kreuzberg (14) mit jeweils unter 20 verputzten Objekten. Die restlichen Bezirke, wie Pankow (11), Spandau (3), Neukölln (4), Treptow-Köpenick (8), Lichtenberg (6), Reinickendorf (4) und auch das Land Brandenburg (4) zeigen nur noch je knapp bzw. unter 10 Bauten mit Terranova-Edelputz. Letztlich können diese Zahlen nur eine Tendenz aufzeigen, da die Gesamtzahl aller verputzten Bauten lediglich bei 265 liegt und sicherlich weitaus mehr Bauten mit Terranova-Edelputz versehen worden sind. .

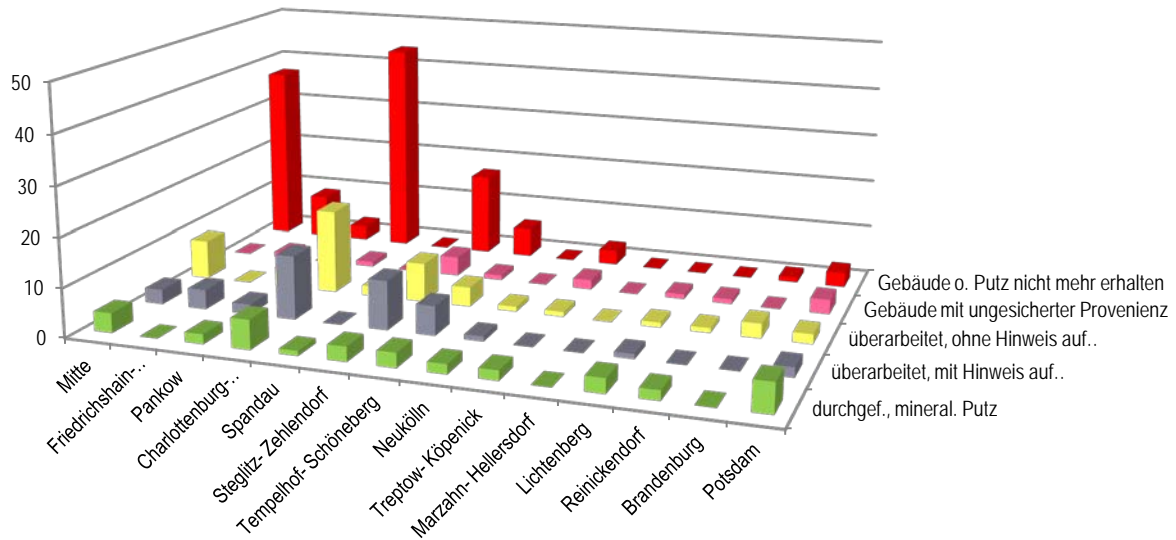


Grafik 7: Regionale Verteilung der Terranova- Objekte

Die drei Bezirke mit den meisten Objekten haben gleichzeitig auch die größten Verluste, 50% , zu verzeichnen. Das ist einerseits auf die Kriegszerstörung, die sich auf das Zentrum (Mitte) Berlins und seine umliegenden Bezirke konzentrierte, andererseits sicherlich auch auf die erhöhte Bautätigkeit in diesen Bezirken zurückzuführen.

Womöglich wurde auch in den besser situierten Wohnbezirken Steglitz-Zehlendorf und Charlottenburg-Wilmersdorf mehr in eine gepflegte Fassade investiert als in den östlichen Stadtteilen oder Brandenburg. Bei Betrachtung des Gesamtverlusts an Bauten in ganz Berlin lässt sich feststellen, dass die Verlustrate vom Zentrum in die Randbezirke hin abnimmt, während der Bestand der wenigen „grünen“ Objekte auf alle Bezirke (2-6 Objekte) recht gleichmäßig verteilt ist. Diese Aussagen zeigen auch lediglich Tendenzen, da die Anzahl der untersuchten Objekte im Vergleich zur Gesamtbebauung sehr gering ist.

Zusammenfassend zeigt sich jedoch deutlich, dass dringender Handlungsbedarf hinsichtlich der Erhaltung dieser Putzsysteme besteht, zumal von den 265 Bauten der Terranova-Referenzlisten – ungeachtet des Erhaltungszustands - lediglich noch 13% ihre ursprüngliche, in Edelputz gestaltete Fassade aufweisen.



Grafik 8: Regionale Verteilung der Terranova- Objekte unter Berücksichtigung des Erhaltungszustands

4.2.2 Zusammenfassung

Viele von den wenigen noch bestehenden Edelputzoberflächen (13% der untersuchten Objekte) sind in einem relativ guten Zustand erhalten, wobei sich die Tendenz zeigt, dass dünne, von vornherein weniger stabile Putztechniken, wie z.B. der Besenspritzputz, großflächigere Entfestigungen in Form von absandenden Bereichen aufweisen als in stärkeren Schichten ausgeführte Techniken, wie z.B. Kratzputze. Grundsätzlich sind an fast allen Objekten Vergrauungen zu verzeichnen, die die ursprünglich brillante Wirkung der besonderen Zuschläge dämpfen, jedoch nicht zwingend zu Folgeschäden führen. Gleichzeitig kommt die besondere Oberflächenwirkung durch geringfügige Abwitterungsprozesse z.T. noch mehr zur Geltung. Dunkle Gipskrusten finden sich häufig in Regenablaufbereichen, während hell stehende ausgewaschene Bereiche unter Fensterbänken und auf Gesimsen zu finden sind. Abschaltungen, Risse und Hohlstellenbildung bis hin zum Totalverlust sind speziell für Edelputze auf nicht fachgerecht ausgeführten Unterputze zurückzuführen. Überputzungen und Überfassungen sind in großem Umfang festzustellen, wobei der spezielle Charakter vollständig verloren ging.

Die spezielle Technik der materialfarbigen Gestaltung von Oberflächen mit Edelputzen in unterschiedlichen Ausführungsarten und Strukturen überdauerte nicht einmal 100 Jahre. Durch die industrielle Weiterentwicklung wurden die ursprünglichen „Naturputze“ schnell von moderneren, kunststoffvergüteten Materialien verdrängt, die die besondere Oberflächenwirkung der Edelputze jedoch nicht zu ersetzen vermochten.

Die Notwendigkeit der Konservierung und Restaurierung der sich schnell verringernden Anzahl noch authentischer Bestandsflächen und ihr kultureller und denkmalpflegerischer Wert wird durch die Bestandsituation verdeutlicht. Die zusätzliche Zerstörung kristallin-materialfarbige Oberflächen als Kollateralschäden von Wärmedämmmaßnahmen und Graffiti beseitigung sind dabei ggf. zu überdenken.

5 Chemisch-physikalische Charakterisierung bauzeitlicher Putze

5.1 Herkunft der Putzproben

Im Verlauf des Forschungsprojekts wurden diverse materialkundliche Analysen durchgeführt, welche hauptsächlich Aufschluss über die in den Putzen verwendeten Bindemittel und Zuschlagstoffe geben sollten. Weiterführende Untersuchungen, so z.B. die Ermittlung der physiko-mechanischen Eigenschaften, wurden nur im Einzelfall, z.B. an Steinputzen, durchgeführt.

Eine Übersicht der Objekte und Untersuchungen findet sich in tabellarischer Form im Anhang.

Am Steinputz des Pergamonmuseums wurden umfangreiche materialkundliche Analysen durchgeführt und im Rahmen einer Diplomarbeit bis hin zu Nachstellungsversuchen vertieft. Hauptthema einer weiteren Diplomarbeit war der Vorsatzbeton bzw. Betonwerkstein und der Edelputz des Wertheimhauses Lehrter Straße / Kulturfabrik Moabit. Hierbei wurde ebenfalls auf Ersatz- und Reparaturmöglichkeiten eingegangen.

Einen großen Fundus an bauzeitlichen Putzproben, welche für Untersuchungszwecke zur Verfügung standen, waren dem Umstand zu verdanken, dass seit den 1980er Jahren von der Architekturwerkstatt Helge Pitz - Winfried Brenne³⁷⁰ im Rahmen diverser Sanierungsarbeiten an Siedlungsbauten der Klassischen Moderne regelmäßig Putz- und Farbproben entnommen und archiviert wurden. Diese wurden dem Forschungsprojekt freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Eine Auswahl von 36 Putzproben³⁷¹ wurde katalogisiert und davon wiederum einige ausgewählte zur Analyse ins Naturwissenschaftliche Labor (Prof. Dr. Steffen Laue, Fachhochschule Potsdam,) gegeben. Die Proben repräsentieren 18 Bauten aus vier Siedlungen sowie drei Einzelbauten. Es handelt sich hierbei um Putze verschiedener Farbigkeit aus folgenden Berliner Siedlungen der Klassischen Moderne: Hufeisensiedlung (Bruno Taut, Martin Wagner 1925-33), Weiße Stadt (O.R. Salvisberg, 1929-31), Großsiedlung Siemensstadt (Hans Scharoun u.a., hier Fred Forbat 1930-31) und Kissingenviertel (Goettel, Mebes&Emmerich, 1929-30) sowie den Einzelbauten Titania-Palast in Berlin-Steglitz (Schöffler, Schlönbach&Jacobi, 1927-28), Akademie der Künste³⁷² (Werner Düttmann und Sabine Schumann, 1960) und Säuglingskrankenhaus Weißensee³⁷³ (Carl James Behring, 1911).

Fünf dieser Putzproben wurden darüber hinaus für Licht- und Elektronenmikroskopische Untersuchungen an DI Karol Bayer, Dr. Johannes Weber, Wien und Litomysl gegeben.

Weitere Proben von 9 Objekten kamen im Rahmen von Projekt- und Diplomarbeiten hinzu. Hierbei handelt es sich um Putzproben von Einzelobjekten aus Berlin und dem Berliner Umland, so z.B. das Buddhistische Haus in Berlin-Frohnau und die Liebermann-Villa in Berlin-Wannsee. Schwerpunkt lag hier auf der Analyse und Nachstellung der Rezepturen von ockerfarbenen Edelputzen. Die überwiegend von Dipl.-Chem. Detlef G. Ullrich durchgeführten Untersuchungen stammen zum Teil von in den Jahren 1987, 2002 und 2010 erfolgten Sanierungsmaßnahmen und wurden von Herrn Ullrich dankenswerterweise für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt, ein anderer Teil der Proben kam im Rahmen der Diplomarbeit zu Edelputzen hinzu und wurden dann ebenfalls von Herrn Ullrich untersucht, sodass eine Reihe vergleichbarer Informationen zu Edelputzrezepturen entstand.

³⁷⁰ Seit 1990 Büro Winfried Brenne Architekten und Büro Pitz und Hoh Architektur und Denkmalpflege GmbH, beide Büros Rheinstraße 45, 12161 Berlin.

³⁷¹ Die für das Forschungsprojekt freundlicherweise vom Büro Brenne Architekten (vor 1990 firmierte das Büro unter dem Namen: Architekturwerkstatt Helge Pitz - Winfried Brenne) zur Verfügung gestellten Putzproben umfassen ca. 10 Archivkartons mit jeweils mehreren Putzproben verschiedener Siedlungs- und Einzelgebäude. 34 dieser Proben wurden katalogisiert.

³⁷² Im Rahmen des Forschungsprojekts entnommene Proben

³⁷³ Erstprobe und freundlicher Hinweis von Fa. Buch & Schudrowitz, Dipl.-Restauratorenengesellschaft bR sowie im Rahmen des Forschungsprojekts entnommene Proben

5.2 Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden

- *Arbeiten der Labore*

- Dr. rer. nat. Steffen Laue, Fachhochschule Potsdam, Studiengang Konservierung/Restaurierung, Naturwissenschaftliches Labor (Naturwissenschaftliche Analysen von 19 Putzproben, vorwiegend aus Berliner Siedlungen der 1920er Jahre; Analytik: Dünnschliffmikroskopie/Polarisationsmikroskopie (PolMik), Röntgendiffraktometrie (XRD), μ -Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) sowie Thermoanalytik (TG/DSC).)
- Dipl.-Chem. Detlef G. Ullrich, Sachverständiger, Laborleiter GWD – Gesellschaft für Wissenstransfer in der Gebäude-Diagnostik mbH Berlin. (Putzuntersuchungen Buddh. Haus, Liebermann-Villa, Hufeisensiedlung, Haus Schöneiche, Haus Wilhelmshorst)
- DI Karol Bayer, Dr. Johannes Weber, Wien und Litomyšl (Licht- und Elektronenmikroskopische Untersuchungen an 5 Putzproben)
- Dr. Frank Schlütter, Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen (Materialkundliche Untersuchung Steinputz Pergamonmuseum)
- Wolfram Köhler, Labor für Bauwerksdiagnose, Archäometrie und Geophysik, Bergblick 17, 14558 Bergholz-Rehbrücke/Potsdam (E-Modulmessung Edelputz Landhaus Abraham, Steinputz Pergamonmuseum)
- Dipl.-Restaurator (FH) Ronald Adamini, FEAD GmbH, Königsheideweg 291, 12487 Berlin

- *Studentische Arbeiten*

- Anja Idehen: Untersuchungen und Nachstellung Steinputz Pergamonmuseum
- Anke Hirsch: Putzanalyse und Nachstellung Landhaus Abraham, Putzanalyse und Nachstellung Haus Amundsenstraße Potsdam, Nachstellung verschiedener ockerfarbener Putze
- Annett Baack: Untersuchungen und Nachstellung Kunststein Wertheim-Haus / Kulturfabrik
- Vergleichend: Untersuchungen von Marko Götz / HAWK (Diplomarbeit).

- *Analysemethoden Naturwissenschaftliches Labor FHP/Steffen Laue*

Dünnschliffmikroskopie (PolMik)

Die Dünnschliffmikroskopie erlaubt Aussagen zum Schichtenaufbau, Gefüge und zur Bestimmung kristalliner Substanzen (insbesondere der Zuschläge) bei Korngrößen > ca. 5 μm . Darüber hinaus können Aussagen zum Bindemittel aufgrund der Farbigkeit, einzelner Komponenten und zur Struktur getroffen werden.

Röntgendiffraktometrie (XRD)

Die Röntgenphasenanalyse dient der Bestimmung der kristallinen Substanzen des Bindemittels und des Zuschlags. Alle Röntgendiffraktogramme sind im Anhang dargestellt.

μ -Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF)

Die μ -Röntgenfluoreszenzanalyse analysiert qualitativ die Elemente in Pigmenten, die zur Färbung der Edelputze verwendet worden sind. Alle Elementspektren der Röntgenfluoreszenzanalyse sind im Anhang dargestellt.

Thermoanalytik (TG/DSC)

Bestimmung der quantitativen Angabe der Kalk- und Gips-Konzentration in Kombination mit der Dünnschliffmikroskopie, sofern kein Calcit oder Dolomit als Zuschlag identifiziert werden kann.

Nasschemie

Die Bestimmung der Bindemittelanteile und die Korngrößen des Zuschlags erfolgt nasschemisch in Anlehnung an den Analysengang nach Mehlmann (1993). Die nasschemische Untersuchung ist nur aussagekräftig bei Proben, die keinen Karbonatzuschlag enthalten. Da teilweise auch die färbenden

Pigmente mit Säure reagieren und damit der Bindemittelanteil verfälscht wird, werden die Angaben zum Kalk(CaCO_3)- und Gipsgehalt aus der Thermoanalytik bezogen.

- **Analysemethoden Karol Bayer/Johannes Weber:**

Polarisationsmikroskopie im Durchlicht (DL) und Auflicht (AL) mit parallelen bzw. gekreuzten Polarisierungen (// N bzw. X N), **Rasterelektronenmikroskopie (REM)** an unbesputterten Schlifflinien im Niedrigvakuum-Modus, **Back-scattered Elektronendetektor (BSE)**, **Energiedispersive Röntgen-Mikroanalytik (EDX)** (auch Energiedispersive Röntgenspektroskopie oder EDS genannt)

- **Analysemethoden GWD/Ullrich:**

Nasschemie und Karbonatbombe

Zur Trennung des Zuschlags vom Bindemittel sowie zur Einordnung der Putze wurden die gereinigten, zerdrückten Proben (je nach Verfügbarkeit 2,5 -70 Gramm) mit Salzsäure (1:4 verdünnt) versetzt. Nach dem Lösen des Kalks und einem Dekantieren der überschüssigen Salzsäure wurde der Sand von in Salzsäure unlöslichen Bestandteilen getrennt, einzeln abfiltriert und neutral gewaschen. Nach dem Trocknen wurden sowohl der Zuschlag als auch der abschlämmbare Anteil gewogen. Vom Sand wurde eine Sieblinie erstellt. Der abschlämmbare Anteil (Feinfraktion unter 0,063 mm) ergibt durch sein Gewicht und die Farbe ein wichtiges Kriterium zur Einordnung der Putze in gipshaltige, hydraulische, lehmhaltige bzw. zementhaltige Materialien.

Eine kleinere Probe wurde zur Bestimmung sämtlicher carbonatischer Bestandteile in einer Karbonatbombe untersucht. Die Probe wurde in einer Scheibenschwingmühle zermahlen und 0,7 Gramm in die Karbonatbombe gegeben. Nach dem Übergießen mit konzentrierter Salzsäure konnte der Carbonatanteil in Gewichtsprozent abgelesen werden. Die Berechnung der Gewichtsanteile, wie sie in den Tabellen angegeben sind, geht von 100% aus, von denen der Zuschlaganteil und der Kalkanteil (Bindemittel) abgezogen werden. So ergibt sich eine Differenz, die mithilfe des abschlämmbaren Teils aus der nasschemischen Trennung zu einem definierten Putz zuordenbar ist (hydraulischer Mörtel, Kalkmörtel, lehmhaltiger Mörtel usw.) Erst dann kann über die Gewichtsanteile und nach DIN 18550 angenommene Schüttdichten ein ungefähres Mischungsverhältnis errechnet werden.³⁷⁴

Röntgendiffraktometrie (XRD)/ Röntgenphasenanalyse zur Bestimmung des Pigments.

- **Analysemethoden Frank Schlütter/ MPA Bremen:**

Ausführliche Beschreibungen der Analysemethoden finden sich im Anhang des Untersuchungsberichts von Steffen Laue.

Dünnschliffmikroskopie (PolMik)

Bestimmung der mineralischen Bestandteile, Untersuchung zum Materialgefüge (Zusammensetzung mineralische Baustoffe, Homogenität, Bindemittelverteilung, Korngrößen, Stratigraphie, Materialveränderungen)

Rasterelektronenmikroskopie (REM) / Energiedispersive Röntgenmikroanalyse (EDX)

Bei der Untersuchung von Dünnschliffen werden die Rückstreuerelektronenabbildung (RE-Abbildung) und die Röntgenmikroanalyse genutzt. Die RE-Abbildung liefert Informationen zur Materialzusammensetzung. Durch die Röntgenmikroanalyse (EDX) kann die Elementzusammensetzung halbquantitativ ermittelt werden. Die morphologischen Informationen (Form und Größe), das Rückstreuverhalten und der Elementbestand sind häufig ausreichend spezifisch für eine Materialidentifizierung.

³⁷⁴ Detlef Ullrich, Untersuchungsbericht Putze Buddhistisches Haus, GWD-Bericht Nr. 10099, Berlin 2010.

Kurzliste der untersuchten Proben Teil 1

Probe	Typ	PolMik	XRF / EDX / REM	XRD	TG / DSC	Nasschemie	färbende Komponenten
Si 01	EP	Laue	Laue	Laue	Laue	Laue	Calcit, Zinkweiß
Huf 01a	UP	Laue Bayer/Weber				Laue Ullrich	- (Unterputz)
Huf 01b	EP	Laue	Laue Bayer/Weber	Laue	Laue	Laue Ullrich	Eisenoxidrot
Huf 02	EP	Laue Bayer/Weber	Laue Bayer/Weber	Laue	Laue	Laue Ullrich	Eisenoxidgelb
Huf 03	EP	Laue	Laue	Laue			Eisenoxidrot, Baryt
Huf 04	EP	Laue	Laue	Laue	Laue		Calcit, Zinkweiß
Huf 05	EP	Laue	Laue	Laue			Calcit, Zinkweiß
Huf 06	EP	Laue Bayer/Weber	Laue Bayer/Weber	Laue Ullrich	Laue	Laue Ullrich	Ultramarin
Huf 22a	UP					Ullrich	- (Unterputz)
Huf 23a	UP					Ullrich	- (Unterputz)
Huf 22b	EP					Ullrich	gelber Ocker /Goldocker (Goethit, α -FeOOH) mit etwas Kaolinit
Huf 23b	EP					Ullrich	roter Ocker (Hämatit, α -Fe ₂ O ₃), evtl. durch Erwärmen farbintensiviert
WS 01	StP	Laue Bayer/Weber	Laue Bayer/Weber	Laue			Calcit, Dolomit
WS 02	StP	Laue		Laue			Quarz, Kalifeldspat, Pyroxen
WS 03	StP	Laue		Laue			Calcit, Quarz
WS 04	StP	Laue		Laue			Calcit, Quarz
WS 05	StP	Laue		Laue			Calcit, Dolomit
KiV 01	EP	Laue	Laue	Laue			Eisenoxidrot
KiV 02	EP	Laue	Laue	Laue			Eisenoxidgelb und -braun
KiV 03	EP	Laue	Laue	Laue			Eisenoxidgelb
KiV 04	EP	Laue	Laue	Laue			Eisenoxidbraun
AdK 01	EP	Laue Bayer/Weber	Laue Bayer/Weber	Laue			Ultramarin, Chromoxidgrün
Säk 01	EP	Laue		Laue			Calcit (Marmor)
Tip 01	StP	Laue		Laue			Eisenoxidgelb und -braun

Tabelle 24: Analytierte Putzproben – Kurzliste teil 1

Laue: Prof. Dr. rer. nat. Steffen Laue, FH Potsdam, Naturwissenschaftliches Labor

Bayer/Weber: Ing. Karol Bayer, Univerzita Pardubice, Fakultät Restaurierung / Prof. Dr.phil. Johannes Weber, Universität für angewandte Kunst Wien, Naturwissenschaften in der Konservierung

Ullrich: Dipl.-Chem. Detlef G. Ullrich, Gesellschaft für Wissenstransfer in der Gebäude-Diagnostik mbH Berlin

Kurzliste der untersuchten Proben Teil 2

Probe	Typ	PolMik	XRF/EDX /REM	XRD	TG / DSC	Nasschemie	Färbende Komponenten
Amds 01	UP					Hirsch	- (Unterputz)
Amds 02	EP					Hirsch	vermutl. gelber Ocker
Amds 03	EP					Hirsch	vermutl. gelber Ocker
Schön	EP			Ullrich		Ullrich	vermutl. gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid)
Wilm	EP					Ullrich	vermutl. gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid)
Lieb	EP			Ullrich?		Ullrich	gelber Ocker
Budd 01-OP	EP					Ullrich	n.B.
Budd 01-UP	UP					Ullrich	- (Unterputz)
Budd 02-OP	EP			Ullrich		Ullrich	Goldocker (Eisenhydroxid)
Budd 02-UP	UP					Ullrich	- (Unterputz)
Budd 03	EP			Ullrich		Ullrich	Goldocker (Eisenhydroxid)
Budd 05	EP					Ullrich	n.b.
Budd 06	EP			Ullrich		Ullrich	gelber Ocker (Goethit, α -Fe ₂ O ₃ •H ₂ O)
LAb 01	EP	Adamini		FHP		Adamini	gelber Ocker (XRD:Fe), evtl. Titanweiß und Zinkweiß (XRD:Zn und Ti)
LAb 02	EP	Adamini				Adamini	vermutl. nur Marmorermehl
PMu 14	StP	Schlütter					Dolomitgesteins-Splitt, darin enthalten: Kalifeldspat-Einschlüsse, Calcit, Fe-reiche Tonminerale Eisenoxidschwarz, vermutlich überwiegend Magnetit (Fe ₃ O ₄)
PMu 15-0	StP	Schlütter					Wie PMu 14
PMu 15-U	UP	Schlütter					- (Unterputz)
KuFa 01	UP	Baack					- (Unterputz)
KuFa 02	EP	Baack					Quarz mit Feldspat, vereinzelt Gesteinsbruchstücke, z.B. Kalkstein und Glimmer
KuFa 03	BW	Baack					Gesteinsbruchstücke, haupts. Kalkstein, z.T. mit Fossilien, Marmor, Felspat
Less 01	UP	Meinhard-Degen Visser	Meinhard-Degen			Niemeyer	- (Unterputz)
Less 02	StP	Meinhard-Degen Visser, Vinx	Meinhard-Degen			Niemeyer	Muschelkalk und Travertin, Ziegelsplitt, Steinmehl (vermutl. Granit), vereinzelt Holzstücke
Less 03	EP	Meinhard-Degen Visser, Vinx	Meinhard-Degen			Niemeyer	Muschelkalk, Travertin, Ziegelsplitt, Quarzsand
Less 04	BW	Meinhard-Degen Visser, Vinx	Meinhard-Degen			Niemeyer	Travertin und Muschelkalk mit eisenoxidhaltigen Ankeritbestandteilen (Ca (Fe) CO ₃)

Tabelle 25: Analytierte Putzproben – Kurzliste Teil 2

Adamini: Dipl.-Rest. (FH) Ronald Adamini, FEAD-GmbH, Forschungs- und Entwicklungslabor für Altbausanierung und Denkmalpflege, Berlin

Ullrich: Dipl.-Chem. Detlef G. Ullrich, Gesellschaft für Wissenstransfer in der Gebäude-Diagnostik mbH Berlin

Schlütter: Dr. rer. nat. Frank Schlütter, Amtliche Materialprüfungsanstalt (MPA) Bremen

Meinhard-Degen: Dr. rer. nat. Jeannine Meinhard-Degen, Institut für Konservierung und Diagnostik (IDK) Halle

Visser: Dr. Hendrik Visser, Dipl.-Geol., ZMK Norddeutsches Zentrum für Materialkunde von Kulturgut e.V. Hannover

Vinx: Prof. Dr. Roland Vinx, Mineralogisches und petrografisches Institut, Universität Hamburg

Niemeyer: Dipl.-Lab. Chem. Rolf Niemeyer, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege

5.3 Untersuchungsergebnisse Edelputze

5.3.1 Großsiedlung Siemensstadt (Ringsiedlung Berlin-Charlottenburg)

Adresse:	Geißlerpfad, Berlin-Charlottenburg
Architekt:	Fred Forbat
Baujahr:	1929-31
Bemerkung:	In den 1980er Jahren? saniert, hierbei erfolgten Probenentnahmen



Zo1 746 Berlin-Siemensstadt, Geißlerpfad, W-Seite, Bauteil Forbat, 1929-31 v. Fred Forbat, W-Seite von links (zweit. Frühjahr 1974)



Abb. 171: Siemensstadt, Bauteil Fred Forbat, Geißlerpfad, links Westseite, Aufnahme 1974, rechts Torhaus (Beispiele)

Beschreibung:

Probe	Si 01, weißer Edelputz
Objekt	Bauteil Forbat, Geißlerpfad, genauer Entnahmeort n.b.
Entnahme	1983/84
Putztechnik	Scheibenputz
Oberflächenstruktur	Ebenmäßig, sandkörnig
Struktur	Ca. 5mm starke weiße Putzschicht mit weißem Anstrich, Kornfraktion fein
Besondere Zuschläge	Quarkiesel in den Größen 0,1 - 0,6 mm, homogen verteilt
Schichtdicke	ca. 5 mm, weißer Anstrich ca. 70 µm
Bindemittel	hydraulischer Kalk ohne Klinkerphasen mit Gipsanteilen (XRD), im Edelputz kein zusätzliches Weißpigment außer Calcit vorhanden
Zustand	weißer Anstrich
Sonstiges	Der weiße Anstrich mit einem organischen Bindemittel (opak) enthält Zinkweiß (XRF: Zn) und Baryt = Schwerspat (XRF: Ba)



Abb. 172: Probe Si 01

Putzanalyse (Steffen Laue, FH Potsdam)

		Anteile in Ma-%			
Probe		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand
Si 01	weißer Edelputz	11	2	Gips: 1	Ca. 86

Unter der Voraussetzung dass die Differenz zwischen 100% und der Summe aus Kalk-, Sand und Gipsgehalt der Probe dem hydraulischen Anteil des Bindemittels zuzurechnen ist, ergibt sich ein Bindemittel / Zuschlag - Verhältnis von ca. 1:6,1; bzw. bezogen auf den ursprünglichen Gehalt des Bindemittels von ca. 1:8.

Untersuchung der Sieblinie (Steffen Laue, FH Potsdam)

Korngrößenverteilung: unimodal mit einer Körnung von ca. 80% im Bereich von 0,25 – 0,5 mm

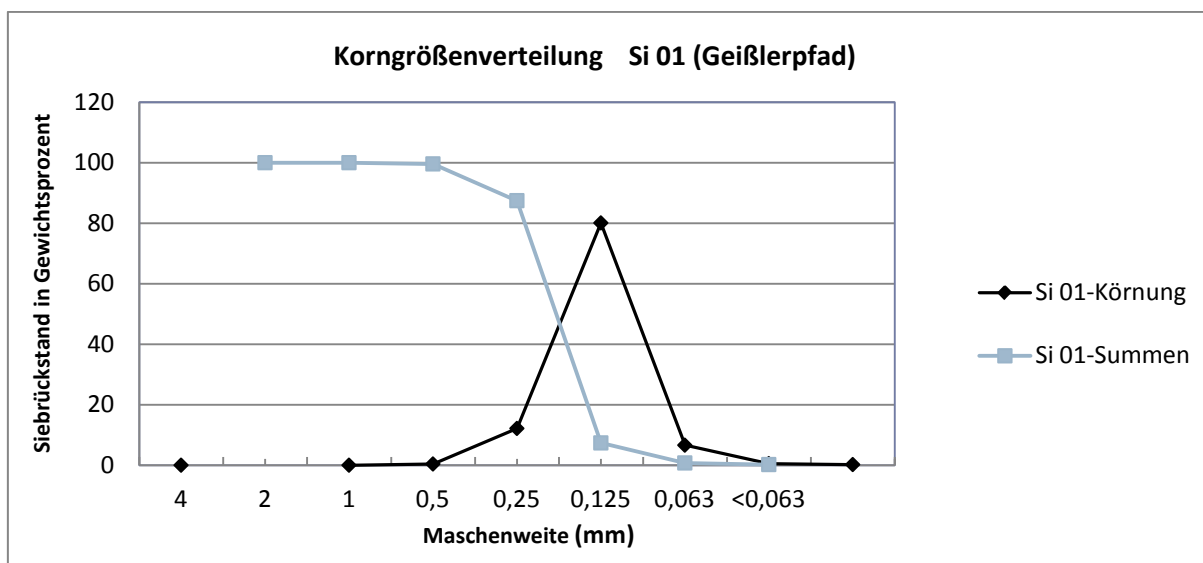


Abb. 173: Korngrößenverteilung Si 01; Grafik nach Ergebnissen Steffen Laue, FH Potsdam

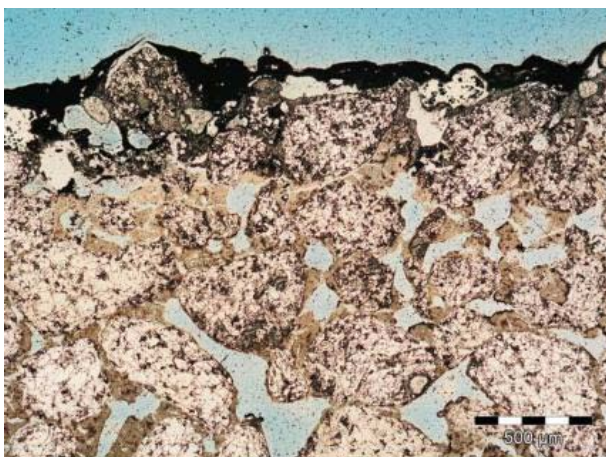


Abb. 174: Si 01, Dünnschliffphoto (Ilpol) weißer Edelputz mit Oberfläche (Anstrich)

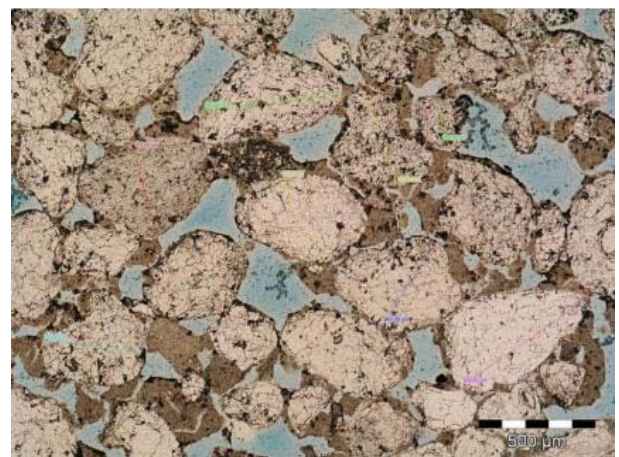


Abb. 175: Si 01, Dünnschliffphoto (Ilpol) weißer Edelputz: überwiegend braunes karbonatisches Bindemittel

5.3.2 Hufeisensiedlung

Adresse:	Hufeisensiedlung, Onkel-Bräsig-Str. und Jochen-Nüßler-Str., 12359 Berlin- Britz
Architekt:	Bruno Taut und Martin Wagner
Baujahr:	1925-31
Bemerkung:	Proben wurden 1982/ 87 während Sanierungsarbeiten entnommen. Die Fassaden wurden danach größtenteils neu verputzt.



Abb. 176: Hufeisensiedlung Berlin-Britz, Fassaden mit neuen Edelputzen in Rot, Gelb und Blau

Beschreibung:

Proben	Huf 01, 02, 03, 04, 05, 06, 22 und 23
Entnahme	1982-86
Putztechnik	Madenputz
Oberflächenstruktur	Ebenmäßig mit typischer Madenstruktur; bauzeitliche Putze z.T. verwaschen, porös
Struktur	Ca. 5mm starke Putzschicht von insgesamt feiner Kornfraktion mit großen Quarzzuschlägen
Besondere Zuschläge	Quarzkiesel, wenig Feldspat und Kalkstein
Schichtdicke	ca. 3 bis 5 mm auf ca. 10 mm Unterputz
Bindemittel	Mit Pigmenten gefärbtes hydraulisches Bindemittel ohne Klinkerphasen
Zustand	z.T. ausgewaschen, porös, größtenteils deshalb in der Siedlung bereits erneuert

Putzanalysen

Die Putzproben aus der Hufeisensiedlung wurden bereits in den 1980er Jahren während Sanierungsarbeiten entnommen.³⁷⁵ Die Proben Huf 01 bis Huf 06 wurden für naturwissenschaftliche Analysen ins Naturwissenschaftliche Labor der FH Potsdam³⁷⁶ gegeben. Weiterführende Licht- und Elektronenmikroskopische Untersuchungen wurden vom Labor Karol Bayer und Johannes Weber³⁷⁷ an den Proben Huf 01 (rot), 02 (gelb) und 06 (blau) durchgeführt. An diesen Proben erfolgten des Weiteren nasschemische und röntgendiffraktometrische Untersuchungen durch Detlef G. Ullrich / GWD. Dieser stellte freundlicherweise weitere, bereits 1987 durchgeführte Untersuchungen ähnlicher Proben aus der Hufeisensiedlung (Huf 22 und 23) zur Verfügung.

Bei den nasschemischen und thermoanalytischen Untersuchungen ist generell zu beachten, dass die Ergebnisse für die quantitativen Putzzusammensetzungen mit kleinen Fehlern behaftet sein können, da die mögliche chemische und thermische Reaktion der Pigmente (vorwiegend Eisenoxide) und der Karbonatzuschläge unberücksichtigt bleibt.

Der hydraulische Anteil des Bindemittels wurde rechnerisch (100% - (Anteile Kalk+Gips+Sand)) ermittelt. Die aufgeführten Mengenverhältnisse ergeben sich unter der Voraussetzung, dass diese Differenz dem hydraulischen Anteil des Bindemittels zuzurechnen ist.

Analysierte Proben

Probe	Typ	Objekt-Nr.	Adresse	Entnahme	Farbe	Nasschemie
Huf 01a	UP	1202	Jochen-Nüßler-Str. 19	Ca. 1982		Laue Ullrich
Huf 01b	EP	1202	Jochen-Nüßler-Str. 19	Ca. 1982	Rot	Laue Ullrich
Huf 02	EP	1203	Jochen-Nüßler-Str. 33	Ca. 1982	Gelb	Laue Ullrich
Huf 03	EP	1201	Talberger Str. 6x	Ca. 1982	Rot	
Huf 04	EP	1204	Jochen-Nüßler-Str. 45	Ca. 1982	Weiß	
Huf 05	EP	1207	Paster-Behrens-Str., zwischen Gliedower und Talberger; 4. Riegel von P.B.-Str.	Ca. 1982	Weiß	
Huf 06	EP	1205	Onkel-Bräsig-Str.79-82	Ca. 1982	Blau	Laue Ullrich
Huf 22a ³⁷⁸	UP	1206	Onkel-Bräsig-Str. 139 Südgiebel Fläche 1.OG	1986		Ullrich
Huf 23a	UP	1206	Onkel-Bräsig-Straße 141 Gartenfront Fläche EG/1.OG	1986		Ullrich
Huf 22b	EP	1206	Onkel-Bräsig-Str. 139 Südgiebel Fläche 1.OG	1986	Gelb	Ullrich
Huf 23b	EP	1206	Onkel-Bräsig-Straße 141 Gartenfront Fläche EG/1.OG	1986	Rot	Ullrich

Tabelle 26: Analysierte Proben Hufeisenviertel

³⁷⁵ Büro Pitz & Brenne, Putzproben wurden dem Projekt freundlicherweise zur Verfügung gestellt (s.o.).

³⁷⁶ Prof. Dr. Steffen Laue

³⁷⁷ Litomysl / Wien

³⁷⁸ Die Proben 22 und 23 entsprechen den bereits 1987 untersuchten Proben Nr. 2.6 und 2.7 (Detlef Ullrich, Bericht Hufeisensiedlung Britz/Putzuntersuchung vom 28.4.1987 bzw. den verglichen hinzugezogenen Proben 6 und 7 (Bericht Putzuntersuchungen Hufeisensiedlung Berlin-Britz, GWD-Bericht Nr. 12004-1 vom 18.1.2012.)



Abb. 177: Probe Huf 01 – Jochen-Nüßler-Str. 19



Abb. 178: Probe Huf 02 – Jochen-Nüßler-Str. 45



Abb. 179: Probe Huf 03 – Talberger Straße-Str.



Abb. 180: Probe Huf 04 – Jochen-Nüßler-Str. 33, rechte Fassadenecke über Sockel



Abb. 181: Huf 05 – Paster-Behrens-Str., zwischen Gliedower und Talberger Str.

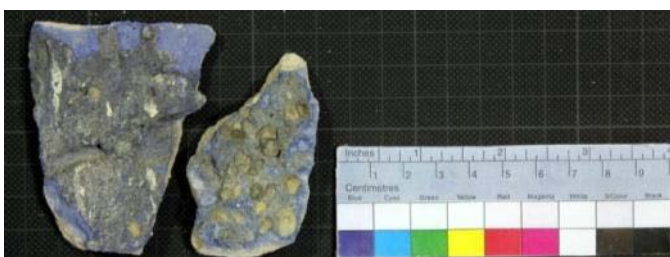
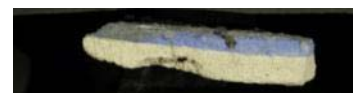


Abb. 182: Huf 06 – Onkel-Bräsig-Str., Südl. d. Hufeisens, erster Riegel, rechte Straßenseite



Zu den Proben 22 und 23 sind keine Fotos mehr verfügbar.

Untersuchung der Sieblinien

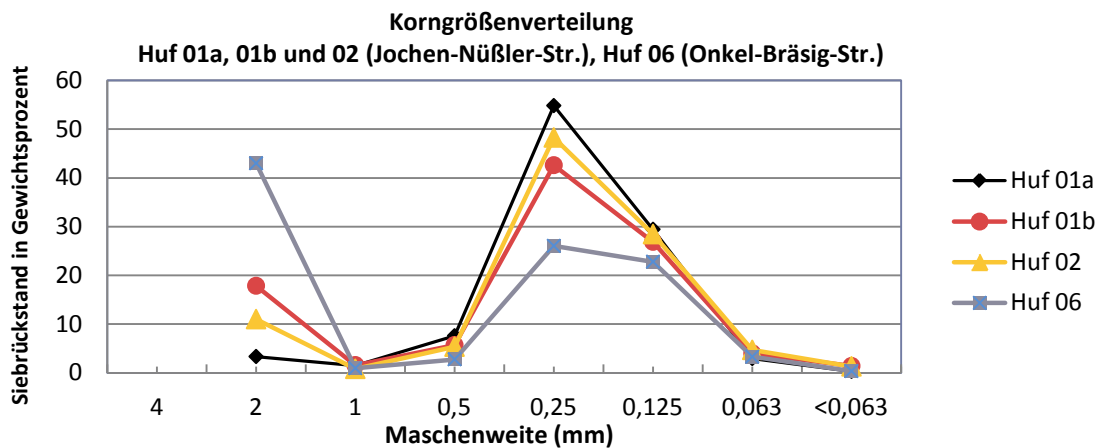


Abb. 183: Grafik nach Ergebnissen FHP Laue

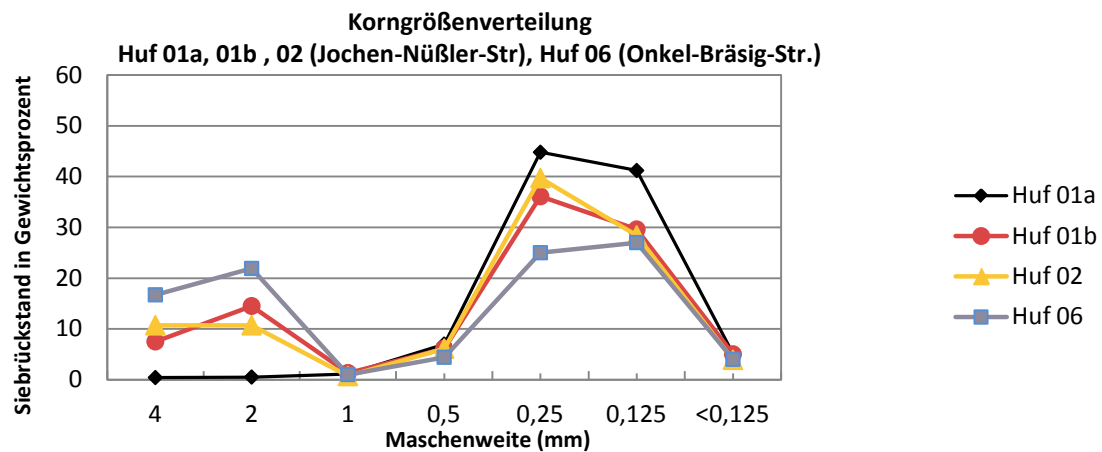


Abb. 184: Grafik nach Ergebnissen GWD Ullrich

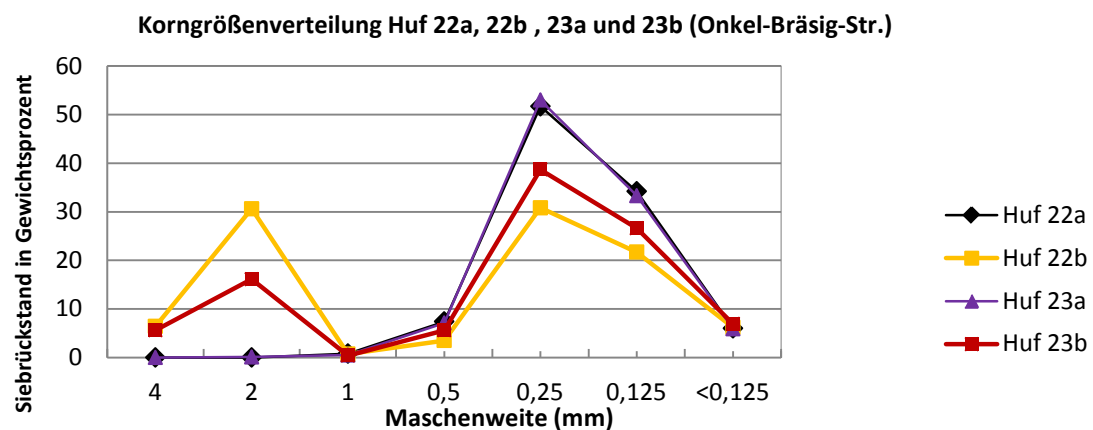


Abb. 185: Grafik nach Ergebnissen GWD Ullrich

Die Sieblinien verdeutlichen, dass für die Unterputze der Proben Huf 22 und 23 der gleiche Sand verwendet wurde. Auch die Sande der Oberputze von den Proben Huf 01 und 02 sind sehr ähnlich. Bauabschnittsweise wurden also andere, aber ähnliche Sande eingesetzt.

Der Anstieg bei Korngrößen > 2 mm beim Edelputz ist durch die Verzierung der Edelputzoberfläche mit größeren Quarzen zu erklären.

Ermittelte quantitative Zusammensetzung der Edelputze

Beim roten Edelputz aus der Jochen-Nüßler-Straße (Huf 01b) und beim roten (Huf 23b) und gelben (Huf 22b) Edelputz aus der Onkel-Bräsig-Straße wurden auch die Unterputze (Huf 01a, Huf 22a, Huf 23a) polarisationsmikroskopisch und nasschemisch untersucht. Diese zeichnen sich mit ihren höheren Kalkgehalten im Vergleich zu den Oberputzen insgesamt durch höhere Bindemittelanteile aus.

Ermittelt wurden folgende Bindemittel / Zuschlag – Verhältnisse:

Unterputze

Huf 01a (Laue): ca. 1:4; bzw. bezogen auf den ursprünglichen Gehalt des Bindemittels von ca. 1:5,3. Bei der Polarisationsmikroskopie sind einige Zementklinker im Bindemittel zu erkennen.

Huf 22a (Ullrich): 19 Ma-% CaCO_3 und 81 Ma-% SiO_2 (Sand) → Weißkalkhydrat zu Sand ca. 1:2,3 RT

Oberputze

Als Bindemittel wurde gering hydraulisches Kalkhydrat ermittelt (Schüttdichte $0,55 \text{ kg/dm}^3$, Wasserkalk, entspricht heutigem NHL 2). Der Zuschlag ist feinkörniger Sand (0/1 mm; identisch mit dem des Unterputzes) und grobkörniger Sand (Ausfallkörnung 2/5).

Die Gipsanteile stammen aus der "Vergipsung", d.h. der Umwandlung des Kalkes (Calciumcarbonat) in Gips (Calciumsulfat-Dihydrat) durch Schwefelbelastung aus der Luft.

Die Pigmentanteile liegen bei 3-4 Ma-%. (Ullrich)

Die Oberputze sind wegen des geringen Bindemittelanteils stark witterungsanfällig.

Huf 01b (Laue): ca. 1:5,3 bzw. bezogen auf den ursprünglichen Gehalt des Bindemittels ca. 1:7,5

Huf 02b (Laue): ca. 1:6 bzw. bezogen auf den ursprünglichen Gehalt des Bindemittels von ca. 1:8

Huf 06 (Laue): ca. 1:5 bzw. bezogen auf den ursprünglichen Gehalt des Bindemittels von ca. 1:7

Huf 06 (Ullrich): ca. 1:3,3 gering hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte $0,55 \text{ kg/dm}^3$, Wasserkalk, entspricht heutigem NHL 2) zu Sand.

Huf 22b (Ullrich): ca. 1:3,3 gering hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte $0,55 \text{ kg/dm}^3$, Wasserkalk, entspricht heutigem NHL 2) zu Sand, davon im hydraulischen und Sandanteil 5 Ma-% Pigment aus einer Ton-Ocker-Mischung (Goethit und evtl. Kaolinit)

Huf 23b (Ullrich): fast identisch wie Huf 22b; Pigment jedoch roter Ocker / Hämatit (Fe_2O_3).

Übersicht Untersuchungsergebnisse

Probe Nr.	Analyse	Kalkgehalt Bindemittel	Hydraul. Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand / Ma-%	B/Z-Verh.	B/Z-Verh./ urspr. BM-Gehalt	Färbende Komponenten
Huf 01a	Bayer/Weber							- (Unterputz)
	Ullrich	18,5 Ma-%	4,5 Ma-%		77		ca. 1:2	
	Laue	15 Ma-%	5 Ma-%	Gips: 1 Ma-%	79	ca. 1:4	ca. 1:5,3	
Huf 01b	Bayer/Weber	nur qualitativ						(vermutl. künstliches) Eisenoxidrot, Schwerspat
	Ullrich	n.B.	4,5 Ma-%	(Gips) 5 Pigment	79,5		ca. 1:3,3	Roter Ocker (Hämatit, α -Fe ₂ O ₃)
	Laue	8 Ma-%		Gips: 4 Ma-%	83	ca. 1:5,3	ca. 1:7,5	Eisenoxidrot (Hämatit, Fe)
Huf 02	Bayer/Weber	nur qualitativ						Grünerdepigment in Mischung mit Gelbockerpigment
	Ullrich	n.B.		(Gips) 4 Pigment	80,5	ca. 1:3,3	ca. 1:3,3	Gelber Ocker / Goldocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid) mit Kaolinit, vermutl. natürliche Herkunft
	Laue	4 Ma-%	9 Ma-%	Gips: 2 Ma-%	85	ca. 1:6	ca. 1:8	Eisenoxidgelb (Fe, Goethit)
Huf 03	Laue	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	Eisenoxidrot (Fe), weißes Baryt=Schwerspat (Ba) in hellroter Schicht; dunkle Schicht ohne Baryt
Huf 04	Laue	17 Ma-% (thermoanalyt.)	n.B.	Gips: 2 Ma-% (thermoanalyt.)	n.B.	n.B.	n.B.	Calcit
Huf 05	Laue	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.	Calcit, Zinkweiß (Zn)
Huf 06	Bayer/Weber	nur qualitativ						Ultramarin
	Ullrich	10,5 Ma-%	3 Ma-%	(Gips) 3 Pigment	83,5		ca. 1:3,3	Ultramarin (Eisen-Aluminium-Silikat) mit Schwefelanteilen
	Laue	8 Ma-%	5 Ma-%	Gips: 4 Ma-%	83	ca. 1:5	ca. 1:7	Ultramarin (Si, Al, K)
Huf 22a	Ullrich	17,5 Ma-%	3 Ma-%		79,5		ca. 1:2,3	- (Unterputz)
Huf 23a	Ullrich	17 Ma-%	3 Ma-%		80		ca. 1:2,3	- (Unterputz)
Huf 22b	Ullrich	10 Ma-%	5,5 Ma-%	1 Gips 3 Pigment	80,5		ca. 1:3,3	gelber Ocker /Goldocker (Goethit, α -FeOOH) mit etwas Kaolinit
Huf 23b	Ullrich	9 Ma-%	2 Ma-%	1 Gips 3 Pigment	81		ca. 1:3,3	roter Ocker (Hämatit, α -Fe ₂ O ₃), evtl. durch Erwärmen farbintensiviert
Si 01	Laue	11 Ma-%	2 Ma-%	Gips: 1 Ma-%	86	ca. 1:6,1	ca. 1:8	-

Tabelle 27: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse³⁷⁹³⁷⁹ ausführliche Liste A3 quer

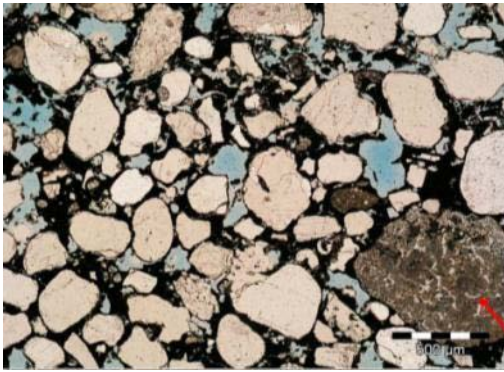
Dünnschliffbilder Huf 01

Abb. 186: Huf 01, DS (Ilpol), Kalksteinzuschlag rechts unten. (Laue)

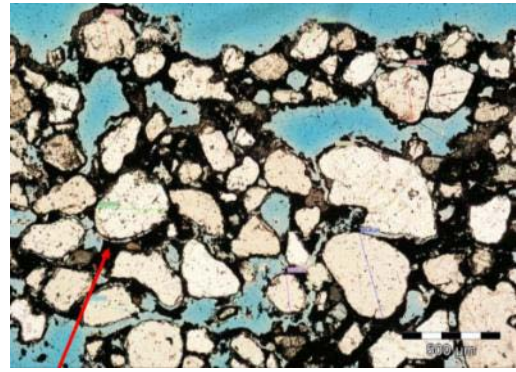


Abb. 187: Huf 01, DS (Ilpol), poröser Oberflächenbereich mit Ablösungen des Kalk-Zement-Bindemittels von den Zuschlagkörnern, Korngrößenmessungen (Laue)

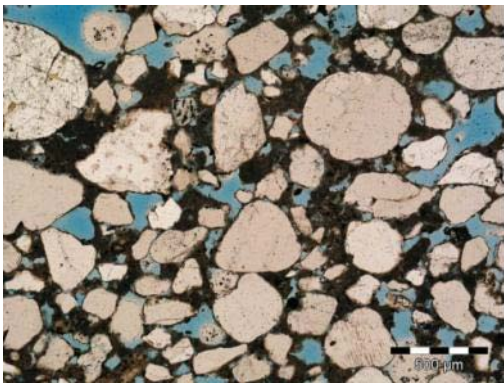


Abb. 188: Huf 01 - Unterputz, DS (Ilpol), Gefüge mit teilweise gut gerundetem Quarz (Laue)

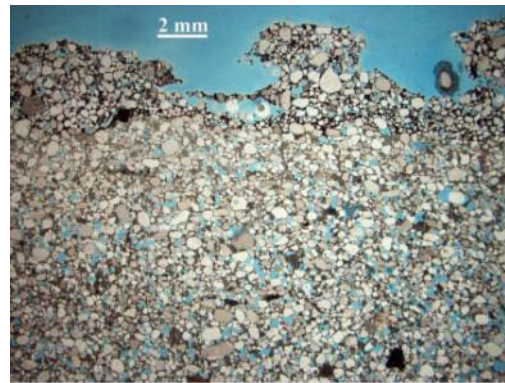


Abb. 189: Huf 01, Dünnschliff gesamt; DL //N (Bayer/Weber)

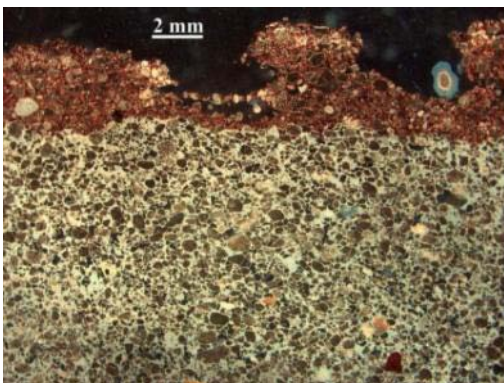


Abb. 190: Huf 01, Dünnschliff gesamt; DL – DF (Bayer/Weber)

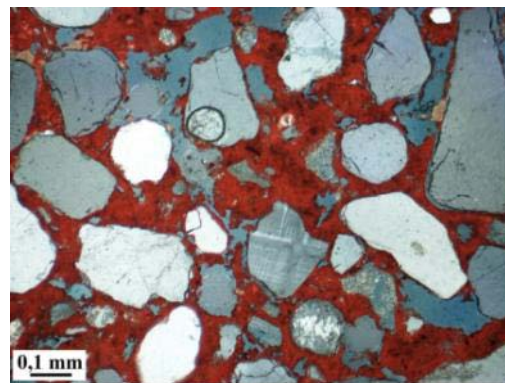


Abb. 191: Huf 01, DS; DL //N, Feldspat mit Mikroklingsitterung (Mitte unten); AL XN (Bayer/Weber)

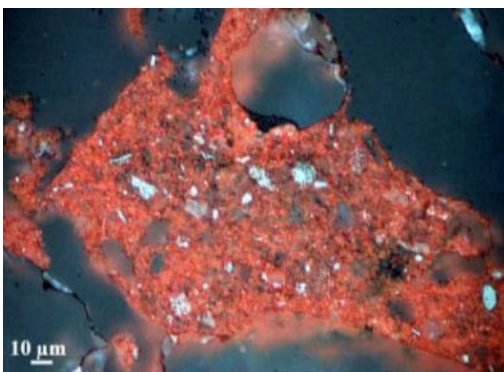


Abb. 192: Huf 01, Bindemittel; hoch reflektierende Phasen = ?; AL XN (Bayer/Weber)

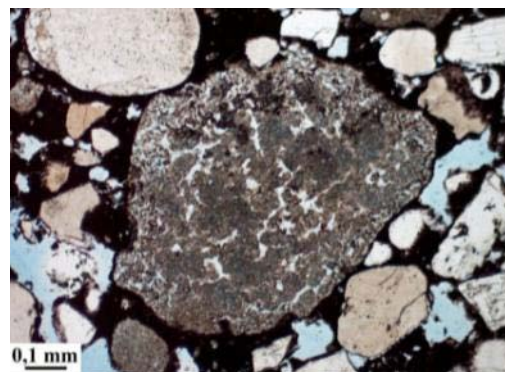


Abb. 193: Huf 01, DS Edelputz, reliktsicher silikatischer Kalknollen; DL //N (Bayer/Weber)

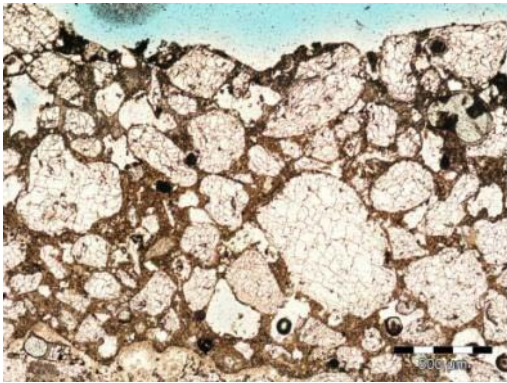
Dünnschliffbilder Huf 02

Abb. 194: Huf 02, DS (Ilpol), viel Quarz als Zuschlag, Quarz durchzieht ein auffälliges Rissystem (Laue)

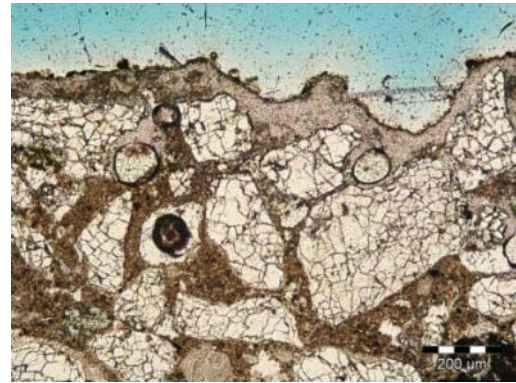


Abb. 195: Huf 02, DS (Ilpol), eine Schlämme schließt die Oberfläche ab gesamt; (Laue)

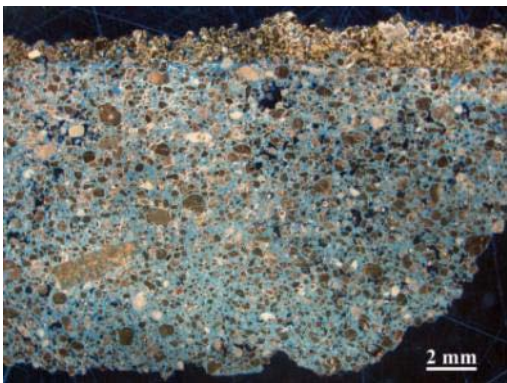


Abb. 196: Huf 02, DS gesamt; DL-DF (Bayer/Weber)

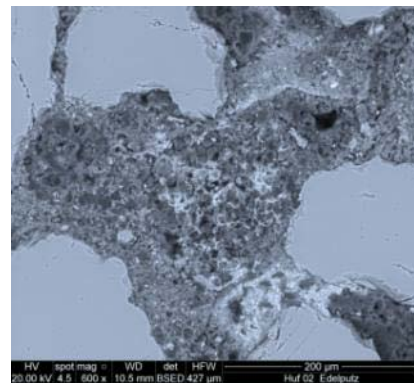


Abb. 197: Huf 02, Bindemittel: niedrig gebrannter, vermutl. belitischer Klinker; REM-BSE (Bayer/Weber)

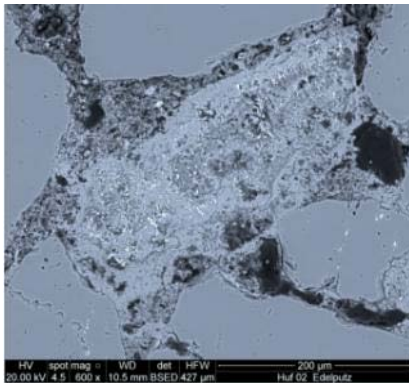


Abb. 198: Huf 02, Bindemittel: niedrig gebrannter Klinker mit Hydratsaum; REM-BSE (Bayer/Weber)

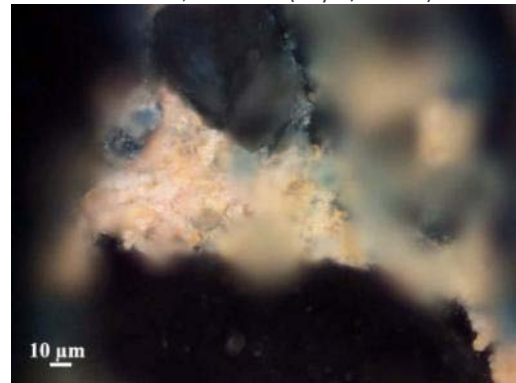


Abb. 199: Huf 02, Gelbpigmente im Bindemittel; AL XN (Bayer/Weber)

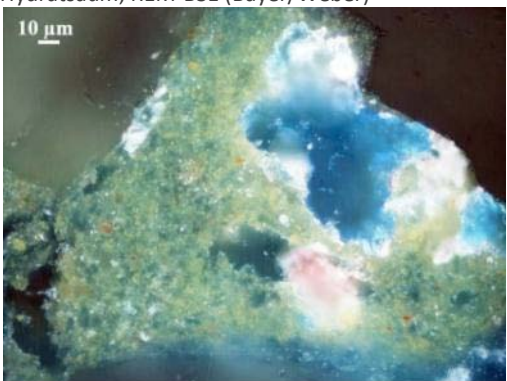


Abb. 200: Huf 02, Grünpigmente im Bindemittel; AL XN (Bayer/Weber)

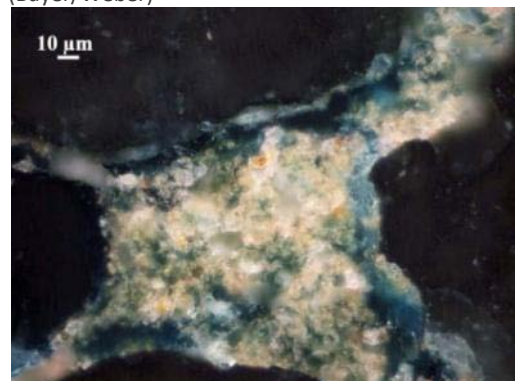


Abb. 201: Huf 02, Ausmischung von Gelb- und Grünpigmenten; AL XN (Bayer/Weber)

Dünnschliffbilder Huf 03

Abb. 202: Huf 03, DS (Ilpol), Gefüge hellroter und dunkelroter (oben) Putz, unten links mehrere cm-großes Sandsteinbruchstück als Zuschlag (Laue)

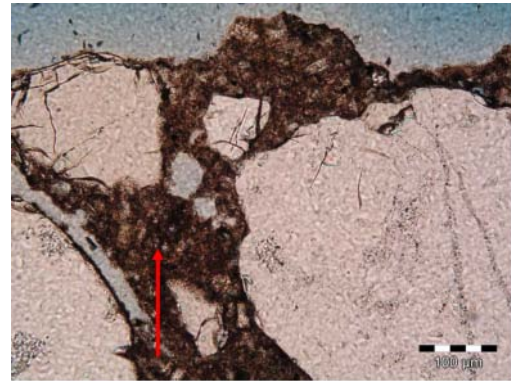


Abb. 203: Huf 03, DS (Ilpol), dunkelroter Putz, Klinkerphasen (Pfeil) im Bindemittel (Laue)

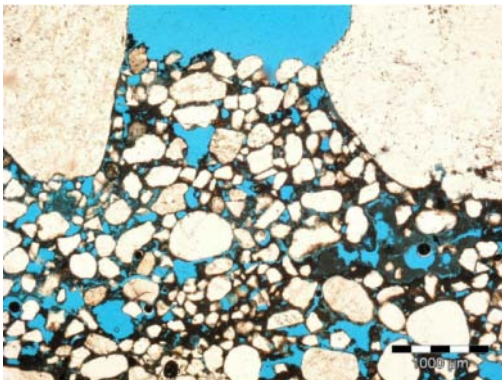
Dünnschliffbilder Huf 04

Abb. 204: Huf 04, DS (Ilpol), Edelputz mit großen Quarzzuschlägen und Grenze zum Unterputz (dunklere Farbe des Bindemittels, siehe auch folgende Abb.) (Laue)

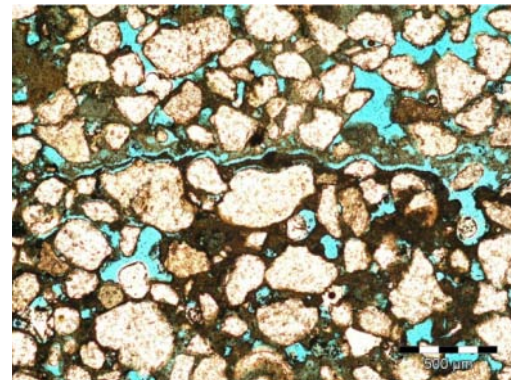


Abb. 205: Huf 04, DS (Ilpol), Edelputz (oben) mit Quarzzuschlägen und Grenze zum Unterputz, Unterputz hat eine dunklere Farbe (Laue)

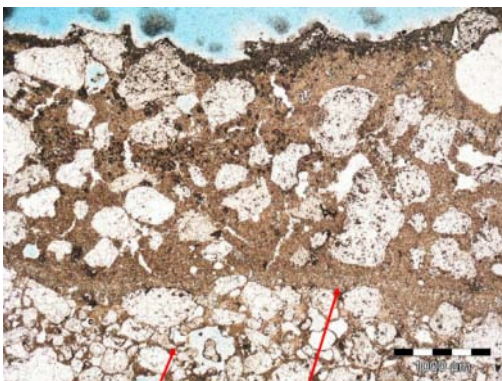
Dünnschliffbilder Huf 05

Abb. 206: Huf 05, DS (Ilpol), bindemittelreicher Edelputz mit verdunkelter Oberfläche, unten Unterputz mit Grundierungsschicht (Laue)

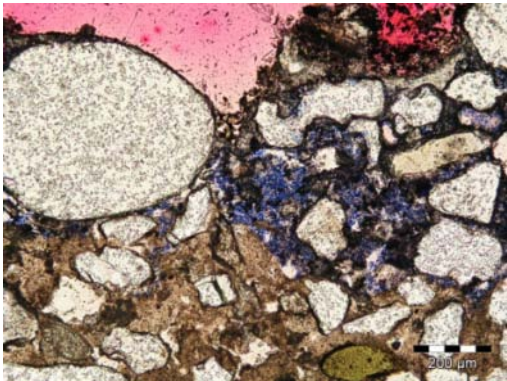
Dünnschliffbilder Huf 06

Abb. 207: Huf 06, DS (Ilpol), blaues Ultramarin fein verteilt im Bindemittel (Laue)

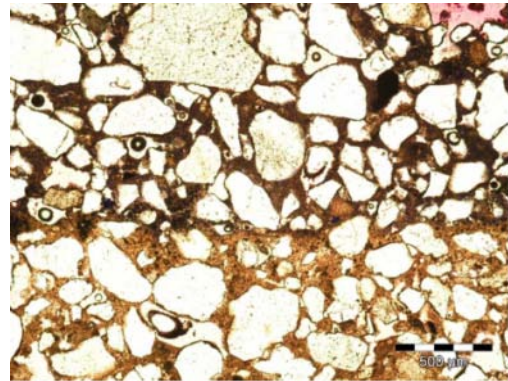


Abb. 208: Huf 06, DS (Ilpol) Gefüge blauer Edelputz (oben) und Unterputz (unten) (Laue)

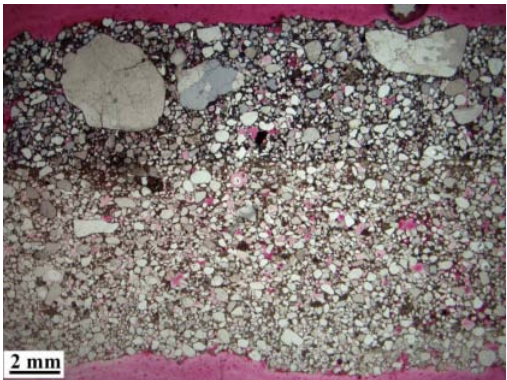


Abb. 209: Huf 06, DS gesamt DL //N (Bayer/Weber)

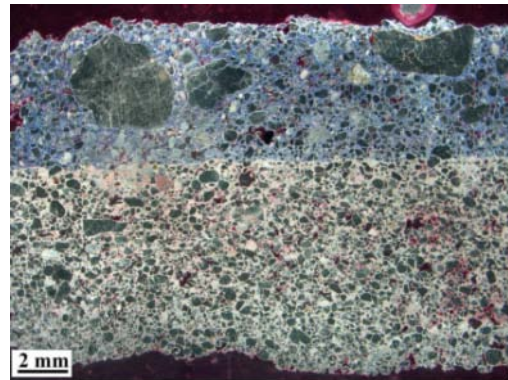


Abb. 210: Huf 06, DS gesamt DL-DF (Bayer/Weber)

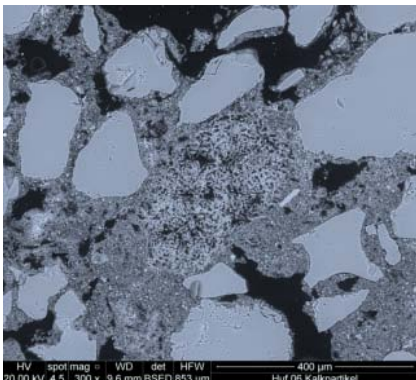


Abb. 211: Huf 06, DS Edelputz, Bindemittel mit reliktschem silikatischen Kalkknollen; REM-BSE (Bayer/Weber)

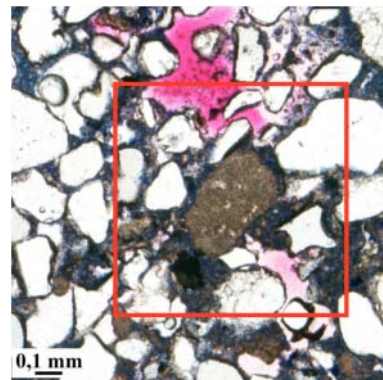


Abb. 212: Huf 06, DS Edelputz, silikatischer Kalkknollen; markierter Bereich entspricht Abb. F; DL // N (Bayer/Weber)

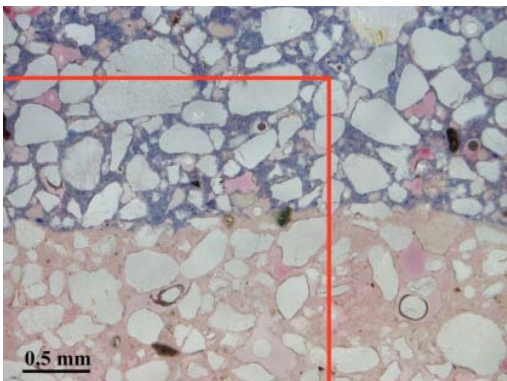


Abb. 213: Huf 06, DS Grundputz/Edelputz: selber Zuschlag; AL (Bayer/Weber)

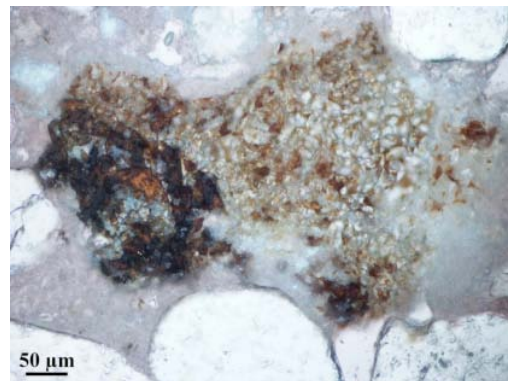


Abb. 214: Huf 06, DS Grundputz: PZ-Klinker; AL XN (Bayer/Weber)

5.3.3 Kissingenviertel

Adresse:	Kissingenviertel, Karlstadter Str., Retzbacher Weg, 13189 Berlin-Pankow
Architekt:	Jacobus Goettel, Paul Mebes, Paul Emmerich
Baujahr:	1929-30
Bemerkung:	Proben wurden 1997 während Sanierungsarbeiten entnommen. Die Fassaden wurden danach größtenteils neu verputzt bzw. überarbeitet.



Abb. 215: Neue Edelputze bzw. Farbbeschichtung in Gelb und Rosé; Bebauung an der Karlstadter Str. 21 (Birkenhof)+22 (Kastanienhof)



Abb. 216: Fassaden mit alten Edelputzen Ocker und Rotbraun; Bebauung an der Karlstadter Str. 4 (Kastanienhof)

Beschreibung:

Proben	KiV 01, 02, 03, 04
Entnahme	1997
Putztechnik	Kratzputz
Oberflächenstruktur	Typische Kratzputzstruktur; bauzeitliche Putze z.T. verwaschen
Struktur	Ca. 15mm starke Putzschicht von insgesamt feiner Kornfraktion mit großen Quarzzuschlägen
Besondere Zuschläge	Überwiegend Dolomit, wenig Quarz, Feldspat und Gesteinsbruchstücke, einzelne Fasern außer in KiV 03; hier ausschließlich Quarz.
Schichtdicke	ca. 12 bis 15 mm mit Schlämme
Bindemittel	Mit Pigmenten gefärbtes hydraulisches Bindemittel mit Klinkerphasen
Zustand	z.T. ausgewaschen, porös, größtenteils deshalb in der Siedlung bereits erneuert

Analysierte Proben

Probe	Typ	Objekt-Nr.	Adresse	Entnahme	Farbe
KiV 01 ³⁸⁰	EP	1302	Karlstadter Straße 38, Straßenfront+Hof, Loggia (Kastanienhof)	1997	Warm-pink, Ziegelmehlrot / Hellrot
KiV 02 ³⁸¹	EP	1303	Retzbacher Weg 66 (Tannenhof)	1997	Ockerbraun
KiV 03 ³⁸²	EP	1301	Karlstadter Straße 21 und 27 (Birkenhof)	1997	Hell- / Neapelgelb
KiV 04 ³⁸³	EP	1301	Karlstadter Straße 21 (Birkenhof)	1997	Goldocker / Braun



Abb. 217: Probe KiV 01 – Karlstadter Straße 38

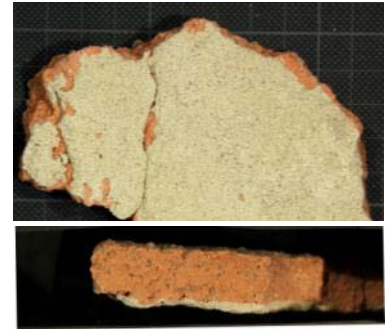


Abb. 218: Probe KiV 02 – Retzbacher Weg 66

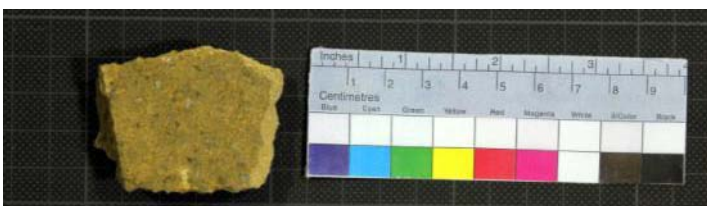
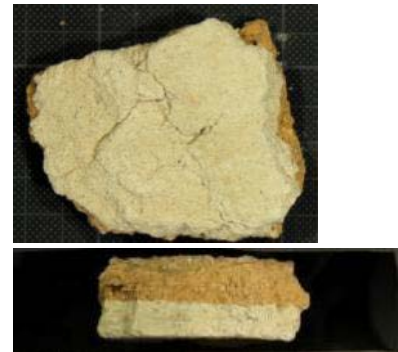


Abb. 219: Probe KiV 03 - Karlstadter Strasse 21 und 27

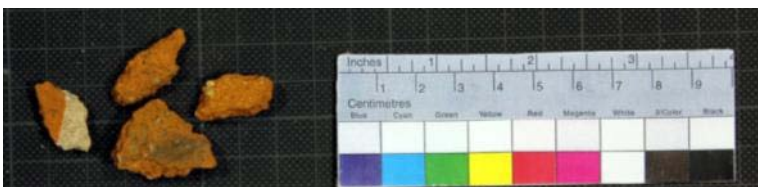
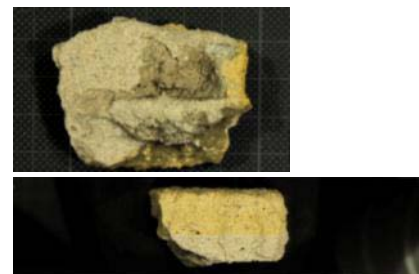


Abb. 220: Probe KiV 03 - Karlstadter Strasse 21

³⁸⁰ Probe KiV 01 entspricht Probe P6/180 aus Archiv Brenne

³⁸¹ Probe KiV 02 entspricht Probe P7/284 aus Archiv Brenne

³⁸² Probe KiV 03 entspricht Probe P4/141 aus Archiv Brenne

³⁸³ Probe KiV 03 entspricht Probe P3/151 aus Archiv Brenne

Übersicht Untersuchungsergebnisse

Probe Nr.	Struktur	Bindemittel	Zuschlag	Färbende Komponenten
KiV 01	Ca. 15mm starke Putzschicht mit Schlämme und heterogener Zuschlagverteilung	Hydraulischer Kalk mit Klinkerphasen	Überwiegend Dolomit, wenig Quarz, Feldspat und Gesteinsbruchstücke, einzelne Fasern	Eisenoxidrot (Fe)
KiV 02	Ca. 12mm starke Putzschicht mit Schlämme (vergraut), mm-große Quarze im Oberflächenbereich und heterogener Zuschlagverteilung	Hydraulischer Kalk mit Klinkerphasen	Überwiegend Dolomit, mm-große und kleine Quarze, Feldspat und Gesteinsbruchstücke, Fasern	Eisenoxidgelb und -braun (Fe und Mangan)
KiV 03	Ca. 13mm starke Putzschicht mit Schlämme	Hydraulischer Kalk mit Klinkerphasen und geringen Gipsanteilen	Ausschließlich Quarz in heterogener Korngrößenverteilung	Eisenoxidgelb (Fe)
KiV 04	Ca. 12mm starke Putzschicht mit Schlämme (vergraut), mm-große Quarze im Oberflächenbereich und heterogener Zuschlagverteilung	Hydraulischer Kalk mit Klinkerphasen	Überwiegend Dolomit, mm-große und kleine Quarze, Feldspat und Gesteinsbruchstücke, Fasern	Eisenoxidgelb und -braun (Fe und Mangan)

Tabelle 28: Übersicht Untersuchungsergebnisse Proben Kissingenviertel

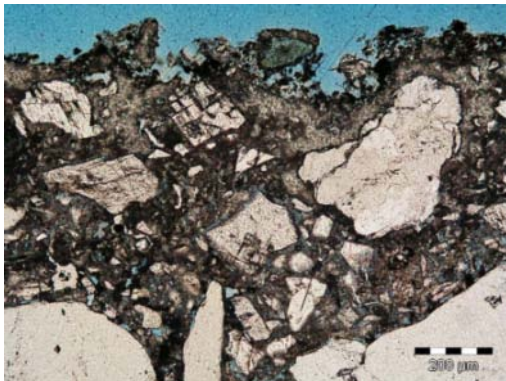
Dünnschliffbilder KiV 01

Abb. 221: KiV 01, DS (Ilpol), Putz mit Schlämme, große und kleine Dolomitzuschläge, unten links und rechts größerer Quarz (Laue)

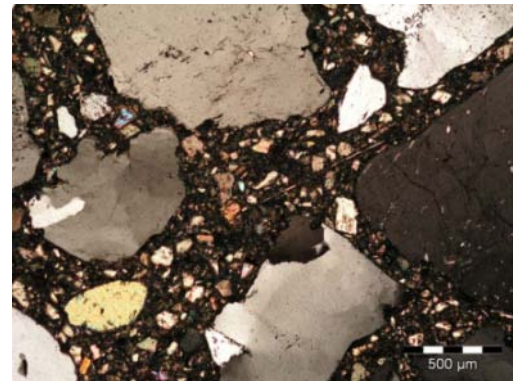


Abb. 222: KiV 01, DS (xpol), Struktur des Edelputzes: großer grauer Quarz und kleine bunte Dolomitzuschläge (XRD) (Laue)

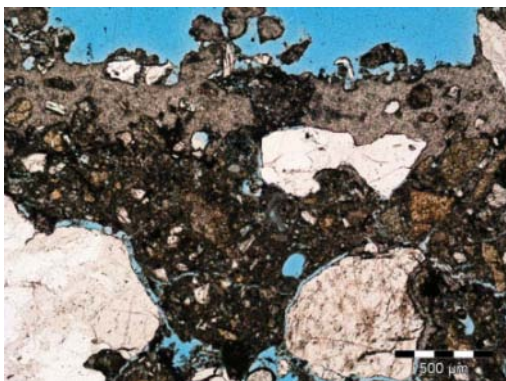
Dünnschliffbilder KiV 02

Abb. 223: KiV 02, DS (Ilpol), ockergefärbter Putz mit Schlämme, größere und kleine Dolomitzuschläge sowie mm-große Quarzzuschläge (Laue)

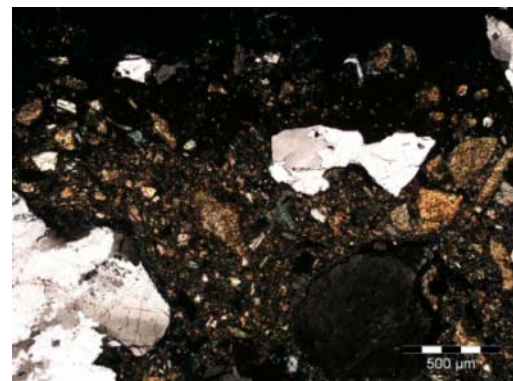


Abb. 224: KiV 02, DS (xpol), gleicher Ausschnitt wie Abb. 31, unter gekreuzten Polarisatoren ist karbonatische Zuschlag (bunte Farben) gut von Quarz (grau) zu differenzieren (Laue)

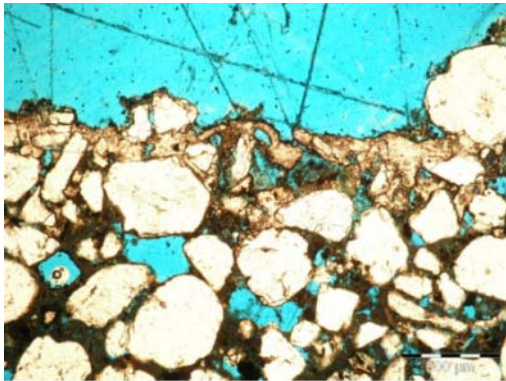
Dünnschliffbilder KiV 03

Abb. 225: KiV 03, DS (Ilpol), gelbgefärbter Putz mit Resten einer Schlämme, große und kleine Quarzzuschläge (Laue)

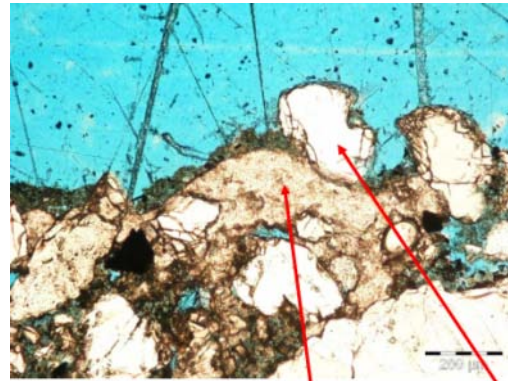


Abb. 226: KiV 03, DS (Ilpol), Reste der Schlämme mit Quarzzuschlägen (Laue)

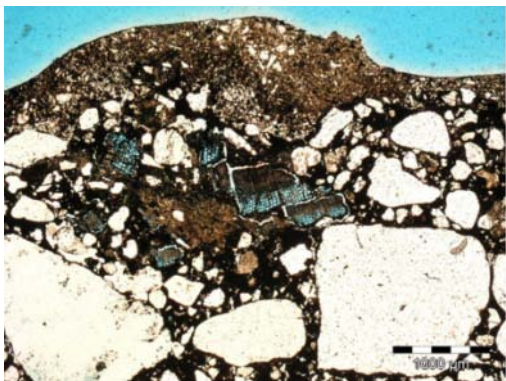
Dünnschliffbilder KiV 04

Abb. 227: KiV 04, Dünnschliffphoto (Ilpol), braungefärbter Putz mit einer Schlämme, große und kleine Quarzzuschläge, Holzspäne (Zellenstruktur) (Laue)

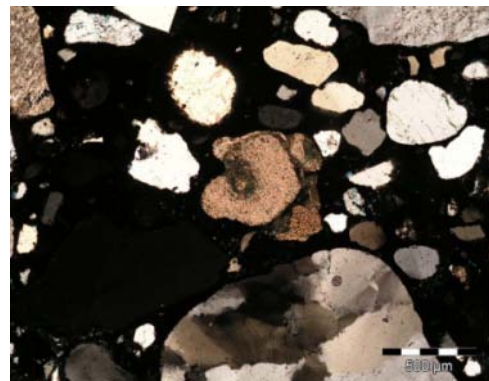


Abb. 228: KiV 04, Dünnschliff (xpol), grauer Quarz und in der Mitte Kalksteinzuschlag (bunt) (Laue)

5.3.4 Akademie der Künste

Adresse:	Akademie der Künste, AdK, Hanseatenweg 10, 10557 Berlin-Tiergarten
Architekt:	Walter Düttmann
Baujahr:	1959-1960
Bemerkung:	Proben wurden 2011 während Sanierungsarbeiten entnommen, danach neu verputzt.



Abb. 229: Stark verdunkelter blauer Edelputz am Gebäude der AdK im Hanseatenweg

Beschreibung:

Probe	AdK 01; Objekt-Nr. 3102
Entnahme	2011
Putztechnik	Rappputz?
Oberflächenstruktur	Stark verdunkelte körnige Oberfläche
Struktur	Ca. 12mm starker graublauer Putz mit größeren Quarzzuschlägen und kleinen Kalksteinzuschlägen
Besondere Zuschläge	Überwiegend größerer Quarz, kleinere Kalksteinbruchstücke, wenig Feldspat und Gesteinsbruchstücke.
Schichtdicke	ca. 12 mm
Bindemittel	Portlandzement mit nicht hydratisierten Klinkerphasen, Kalk und geringen Gipsgehalten; gefärbt mit Ultramarin (Mikrochemie) und möglicherweise Chromoxidgrün (XRF: Cr).

Probe AdK 01

Abb. 230: Probe AdK 01, Oberfläche

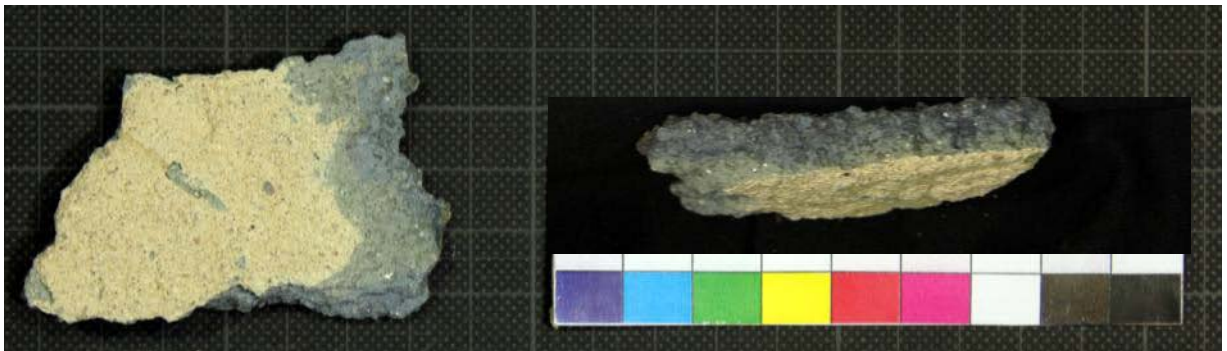


Abb. 231: Probe AdK 01, Unterseite und Seitenansicht

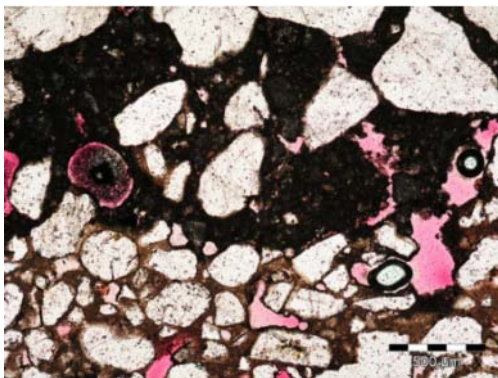
Dünnschliffbilder AdK 01

Abb. 232: AdK 01, Dünnschlifffoto (Ilpol), hier mit rotem Farbhharz gefärbt, Grenze zwischen blauem Edelputz und Unterputz (unten) (Laue)

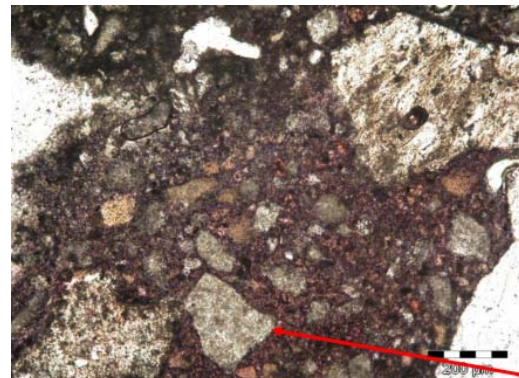


Abb. 233: AdK 01, Dünnschlifffoto (Ilpol), Detail, hier kleine überwiegend kantige Kalksteinzuschläge, rechts oben Gesteinsbruchstück, rechts unten hell: Quarz (Laue)

5.3.5 Säuglingskrankenhaus Weißensee

Adresse:	Ehem. Kinder- u. Säuglingskrankenhaus, HansasträÙe 178/ 180, 13088 Berlin-Weißensee
Architekt:	Carl James Bühring
Baujahr:	1911, Umbau 1935
Bemerkung:	Proben wurden 2011 entnommen, Gebäude im Zerfall



Abb. 234: Stark verschmutzter hell-ockerfarbener Edelputz am Gebäude des ehem. Säuglingskrankenhauses Weißensee

Beschreibung:

Probe	SäKr 01; Objekt-Nr. 4006
Entnahme	2011
Putztechnik	Kellenspritzputz
Oberflächenstruktur	Rötlich ockerfarbener grober Spritzputz; Eingangsgebäude sandfarben
Struktur	Ca. 10 mm starker heller Putz mit gerundeten Quarzzuschlägen und scharfkantigen Marmorzuschlägen
Besondere Zuschläge	Überwiegend großer und kleiner Quarz, größere Feldspäte und Gesteinsbruchstücke sowie zahlreiche kleine weiÙe Marmorbruchstücke (scharfkantiger Calcit), die für die helle Farbe des Edelputzes verantwortlich sind.
Schichtdicke	ca. 10 mm
Bindemittel	Hydraulischer Kalk mit Klinkerphasen und geringen Gipsgehalten (XRD); wahrscheinlich durch Fe-haltige Minerale leicht bräunlich gefärbt

Probe Säkr 01

Abb. 235: Probe Säkr 01, Oberfläche



Abb. 236: Probe Säkr 01, Unterseite und Seitenansicht

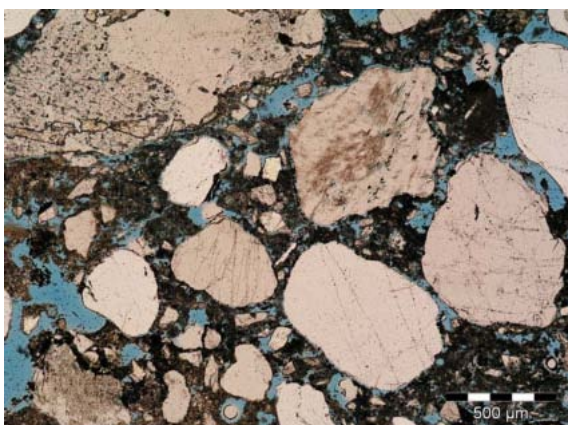
Dünnschliffbilder Säkr 01

Abb. 237: Säkr 01, Dünnschlifffoto (Ilpol), große gerundete Quarze und Gesteinsbruchstücke sowie dazwischen kleinere scharfkantige Marmorbruchstücke (Laue)

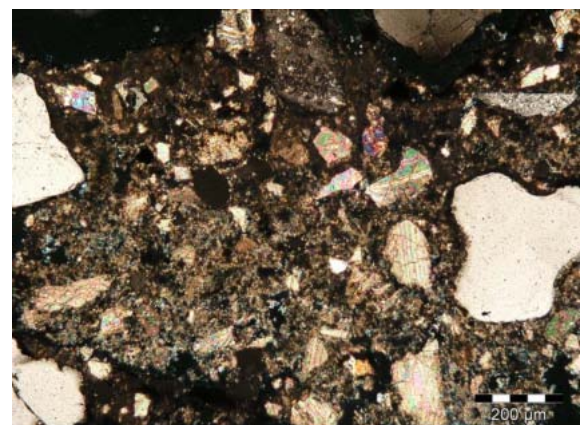


Abb. 238: Säkr 01, Dünnschlifffoto (xpol), bunte scharfkantige Marmorbruchstücke

5.3.6 Landhaus Abraham

Adresse:	Seepromenade 41, 14476 Potsdam, Groß Glienicke
Architekt:	R. Oppenheim, Otto Block
Baujahr:	1929
Bemerkung:	Starke Schäden bis Putzverlust durch Salzbelastungen und Durchfeuchtung. Ausbesserungen mit Zementputz. Teilweise überfasster Originalputz durch einen Zementspritzbewurf; hierdurch Rissbildungen an der Fassade. 2010-11 saniert, seitdem Teile des bauzeitlichen Putzes noch vorhanden, jedoch nicht mehr sichtbar



Abb. 239: Landhaus Abraham, Straßen- und Terrassenfassade und Detail überspritzter Originalputz, vor Sanierung 2010

Beschreibung:

Ockerfarbener Edelputz mit weißem, glimmerhaltigen, nicht flächendeckenden und nicht abgeriebenem Spritzbewurf, Entnahme Fassade Südseite/ Terrasse

Probe Nr.	Struktur	Bindemittel	Zuschlag	Färbende Komponenten
LAb01	ca. 5mm dicker ockerfarbener Edelputz, feine Kornfraktion, Scheibenputz	Hydraulischer Kalk	Feiner Sand, vereinzelt bunte Kiesel in den Größen 1,0-2,5mm, Art und Herkunft nicht untersucht	Eisenoxidrot (Fe)
LAb02	ca. 3mm dicker, weißer Spritzbewurf ³⁸⁴ , oberflächliche Vergrauung und Vergipsung	Hydraulischer Kalk mit Klinkerphasen	Vermutlich nur Marmorsand, sehr fein, Glimmer	

Analysierte Proben:



Abb. 240: Probe LAb01 mit Spritzbewurf LAb02, Landhaus Abraham, Groß Glienicke

³⁸⁴ Lt. Quelle (Eigenheime in Berliner Vororten, in: Der Neubau, Heft 10/1930, S. 181-184) von der Firma Terrasit

Putzanalyse (Anke Hirsch, FH Potsdam)

		Anteile in Gew.-%			
Probe		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand
LAb 01	Ockerfarbener Edelputz	9,7	4,8	Gips: 13,6 Pigment: ?	Ca. 69
LAb 02	Weißer Terrasit- Spritzbewurf	49,5	3,4	Gips: 20,4 Glimmer: ?	?

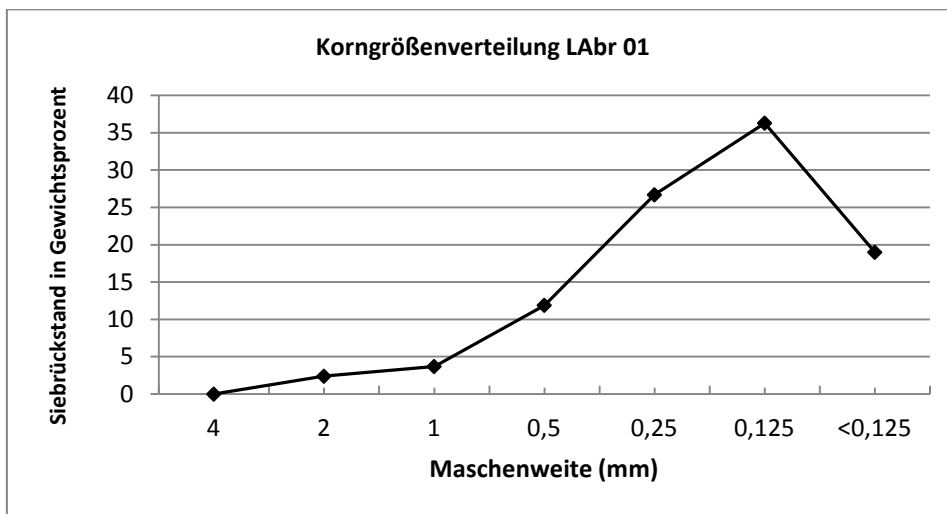
Untersuchung der Sieblinie

Abb. 241: Korngrößenverteilung Probe LAb 01; Grafik nach Ergebnissen FEAD GmbH

Mikroskopie:

Abb. 242: Querschliffbilder LAb - FHPOT2 [1] 2, 5 fach.tif, FHPOT3 [1]2,5fach.tif, FHPOT5, 2, 5fach.tif (FEAD GmbH)

Auf den Querschliffen zu erkennen ist, dass der weiße Spritzbewurf frisch-in-frisch erfolgte.

5.3.7 Wohnhaus Amundsenstraße, Potsdam

Adresse:	Amundsenstr. 38, 14469 Potsdam
Architekt:	Nicht bekannt
Baujahr:	1926
Bemerkung:	Edelputz, teilweise stark zurückgewittert bis Totalverlust des Unter- und Oberputzes, Rissbildung, sonst stabil, nicht sandend.



Abb. 243: Wohnhaus Potsdam, Straßenansicht Amundsenstraße 38 und Detail Hofseite

Beschreibung:

	Probe Amds 01	Probe Amds 02	Probe Amds 03
Putztechnik	Unterputz	ockerfarbener Kratzputz	gelber glatter Edelputz
Oberflächenstruktur		grob	fein, ebenmäßig
Farbe		NCS 2030-Y30R	NCS 0020-Y20R
Kornfraktion	fein	mittel bis grob	fein
Besondere Zuschläge		große bunte Kiesel	große bunte Kiesel
Schichtdicke	ca. 1-3 cm	ca 0,5- 2cm	Ca 0,5- 4cm

Analysierte Proben:



Abb. 244: Probe Amds 01 (Unterputz) und 02 (Kratzputz)



Abb. 245: Probe Amds 03 (Scheibenputz)



Abb. 246: Probe Amds 04, Amundsenstraße, Potsdam (nicht untersucht)



Putzanalyse (Anke Hirsch, FH Potsdam)

		Anteile in Ma-%			
Probe		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand
Amds 01	Unterputz	7,4	11	3,56 Pigment	81,6 Sand
Amds 02	Edelkratzputz	15	8,2	3,5 Pigment	78,9 Sand
Amds 03	Edelputz	9,7	4,9	2,5 Pigment	81,0 Sand

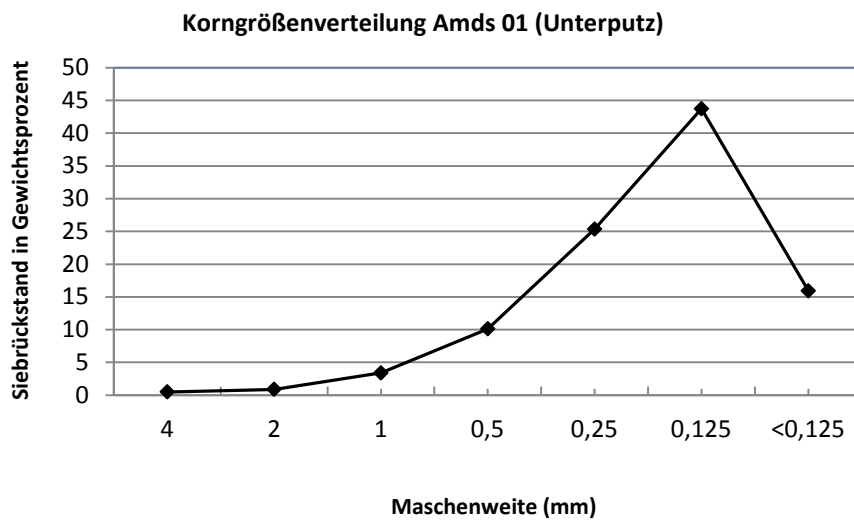
Untersuchung der Sieblinien:

Abb. 247: Sieblinie Amds 01 nach Ergebnissen Anke Hirsch, FH Potsdam

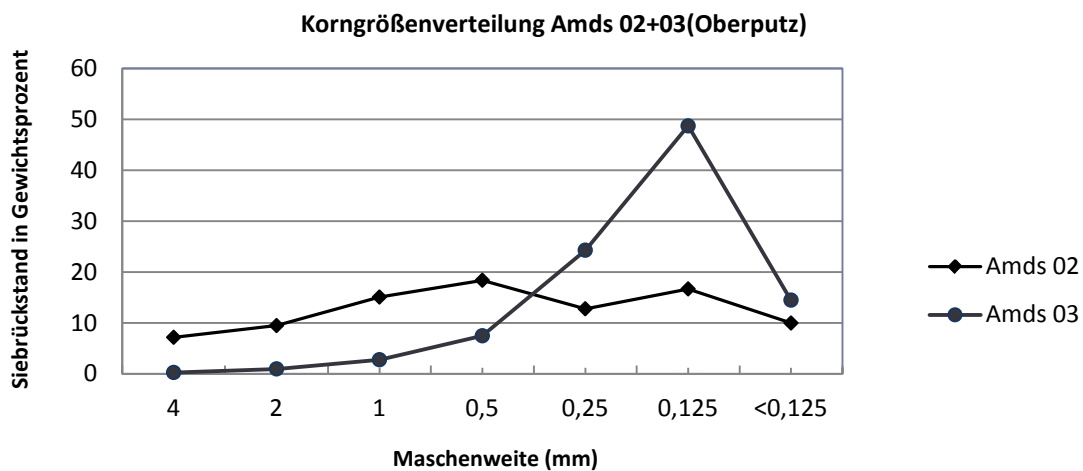


Abb. 248: Sieblinien Amds 02 und 03 nach Ergebnissen Anke Hirsch, FH Potsdam

5.3.8 Buddhistisches Haus – Gartenhaus u. Eingangstor

Adresse:	Edelhofdamm 54, 13465 Berlin-Frohnau
Architekt:	Max Meyer
Baujahr:	1924-27
Bemerkung:	Starke Schäden, sandet durch Bindemittelverlust, teilweise stark abgewittert, biogener Bewuchs, unsachgemäße Putzausbesserungen teilweise mit zementhaltigen Putzen, Hohlstellenbildung besonders zwischen Unter- und Oberputz, Rissbildung, gesamte Fassade ist mit gelbem Anstrich versehen



Abb. 249: Gartenhaus Buddh. Haus, Gesamt- und Detailansichten Oberputz, 2011

Beschreibung:

Ca. 1-3 cm dicker Unterputz mit Kammzug mit feiner Kornfraktion, darauf ca. 2cm dicker durchgefärbter ockerfarbener Schleppputz mit grober Kieselstruktur mit typischer Schleppputzoberfläche, Farbton NCS 1050-Y20R, instabil, abgewittert und sandend.

Analysierte Proben (keine Proben erhalten):

Probe	Objekt	Entnahmeort	Material
Budd 01-O	Buddhistisches Haus	Gartenhaus	Unterputz (Probe 1 Ullrich)
Budd 01-U	Buddhistisches Haus	Gartenhaus	Oberputz, ocker (Probe 1 Ullrich)
Budd 02-O	Buddhistisches Haus	Eingangstor rechts	Unterputz (Probe 2 Ullrich)
Budd 02-U	Buddhistisches Haus	Eingangstor rechts	Oberputz, feinkörnig, ocker (Probe 2 Ullrich)
Budd 03	Buddhistisches Haus	Eingangstor links	Oberputz, grobkörnig, ocker (Probe 3 Ullrich)
Budd 05	Buddhistisches Haus	Gartenhaus über Sockel	Oberputz (Probe 5 Ullrich - Bericht 2)
Budd 06	Buddhistisches Haus	Gartenhaus Türsturz Unterseite vorne	Oberputz, (Probe 6 Ullrich - Bericht 2)

Putzanalysen (GWD / Ullrich):

Probe		Anteile in Ma-%			
		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydr. Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand
Budd 01-O	Gartenhaus Unterputz (Probe 1 Ullrich)	17	16	Gips?	67
Budd 01-U	Gartenhaus Edelputz, ockerfarben (Probe 1 Ullrich)	24,5	12,7 Zement		63
Budd 02-O	Eingangstor rechts Unterputz (Probe 2 Ullrich)	22	7		71
Budd 02-U	Eingangstor rechts Edelputz feinkörnig ockerfarben (Probe 2 Ullrich)	20	4,5	3,5 Pigment	72
Budd 03	Eingangstor links, Edelputz grobkörnig, ockerfarben (Probe 3 Ullrich)	12	2	3,5 Pigment	82,5
Budd 05	Gartenhaus, Edelputz, ockerfarben (Probe 5 Ullrich - Bericht 2)	n.b.		4 Pigment	66
Budd 06	Gartenhaus, Edelputz, ockerfarben (Probe 6 Ullrich - Bericht 2)	20	5	4 Pigment	71

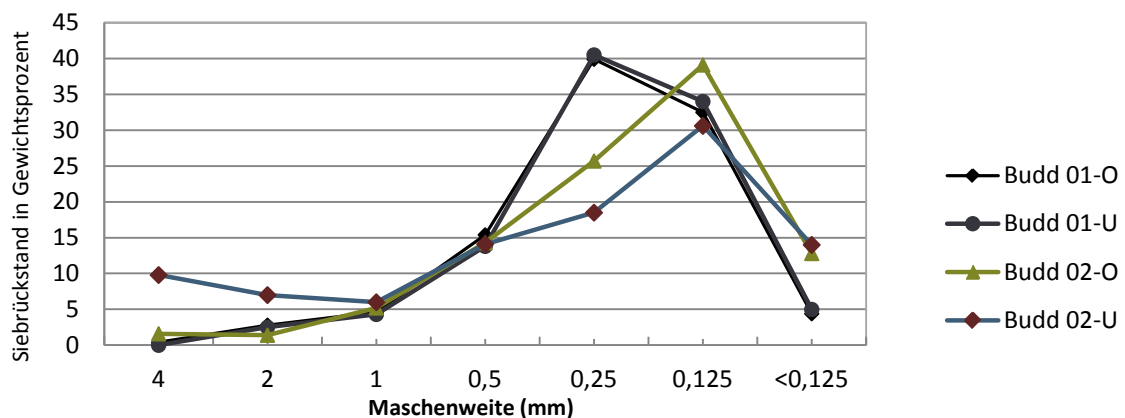
Untersuchung der Sieblinien:**Korngrößenverteilung Budd 01, und 02 (Unter- und Oberputz Gartenhaus)**

Abb. 250: Sieblinien Budd 01, 02, 03 und 04 nach Ergebnissen GWD / Ullrich

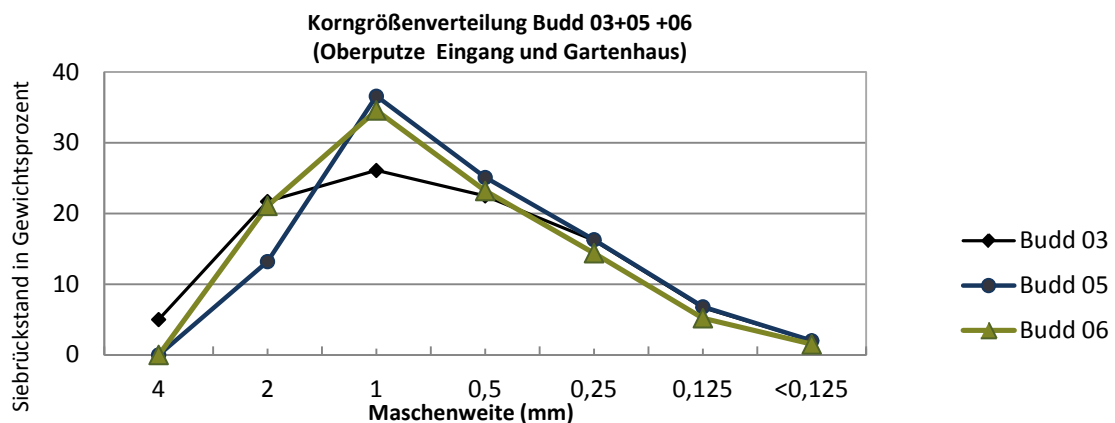


Abb. 251: Sieblinie Budd 03, 06 und 07 nach Ergebnissen GWD / Ullrich

Ermittelte quantitative Zusammensetzung der Edelputze Budd 01 bis 03 (GWD Ullrich, Bericht 1³⁸⁵):

Budd 01-U	Unterputz, hellgrau (fast weiß)
<p>1 RT Kalkhydrat und evtl. Zement 1,5 RT feinkörniger Sand (0/6mm mit großen Anteilen im feinkörnigen Bereich) Weißer Anteil kann auch Gips enthalten, Zusammensetzung bei dieser Untersuchung nicht genau zu bestimmen.</p>	
Budd 01-O	Oberputz, ocker
<p>1 RT Weißkalkhydrat 0,5 RT Zement 1,6 RT feinkörniger Sand (0/6mm mit großen Anteilen im feinkörnigen Bereich), gleicher Sand wie beim Unterputz Budd 01! Bindemittel-Zuschlagverhältnis 1:1. Oberputz erheblich fester als Unterputz, dadurch Schäden.</p>	
Budd 02-U	Unterputz, hellbräunlich, Eingangstor rechts
<p>1 RT hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,7 kg/dm³) 1,7 RT mittelkörniger Sand Bindemittelreich.</p>	
Budd 02-O	Oberputz, feinkörnig, Eingangstor rechts
<p>1 RT schwächer hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,6 kg/dm³) 1,8 RT grobkörniger grauer Sand Doppelt soviel Bindemittel wie der grobkörnige Edelputz Budd 05. Pigment: Ocker (Eisenhydroxid), möglicherweise Überfassung nach Abwitterung von Schicht mit Budd 5.</p>	
Budd 03	Oberputz, grobkörnig, (Kieselkratzputz) Eingangstor links
<p>1 RT schwächer hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,6 kg/dm³) 3,6 RT grob- und mittelkörniger Sand Bindemittelarm. Pigment: Goldocker (Eisenhydroxid)</p>	

Ermittelte quantitative Zusammensetzung des Edelputzes Budd 06 (GWD Ullrich, Bericht 2³⁸⁶):

Budd 06	Oberputz, ocker
<p>1 RT hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,6 kg/dm³) 1,8 RT grobkörniger, grauer Sand mit hellem Dolomit und Feldspat-Gestein Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis ca. 1:2. Pigment: gelber Ocker (Goethit, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)</p>	

³⁸⁵ Untersuchungsbericht Putze Buddhistisches Haus Edelhofdamm 54, 13465 Berlin-Reinickendorf, GWD-Bericht Nr. 10099, Berlin, den 30.11.2010.

³⁸⁶ 2. Untersuchungsbericht Putze Buddhistisches Haus Edelhofdamm 54, 13465 Berlin-Reinickendorf, GWD-Bericht Nr. 10099-1, Berlin, den 30.11.2011.

5.3.9 Liebermann-Villa

Adresse:	Colomierstrasse 3, 14109 Berlin-Wannsee
Architekt:	Paul Otto Baumgarten
Baujahr:	1909
Bemerkung:	Sanierung 2004-2006. Wohnhaus: sehr guter Zustand, mit Stahlverfahren gereinigt und von Altanstrich befreit, Putzfehlstellen wurden restauratorisch ergänzt. Gärtnerhaus: bis auf kleine Referenzfläche des bauzeitlichen, an märkischen Sand erinnernden Originalputzes an der Südfassade komplett neu verputzt. Der bauzeitliche Putz war stark beschädigt und durch eine in den 1970er Jahren aufgebraute Wärmedämmung verdeckt, welche bei der Sanierung entfernt wurde.



Abb. 252: Villa Max Liebermann, Gärtnerhaus – Gesamtansicht und Detail mit Belegfläche des ursprünglichen Putzes

Beschreibung:

Probe	Lieb 01; Objekt-Nr. 2502
Oberflächenstruktur	Ocker-roséfarbener Edelkratzputz
Struktur	Putz mit bunten Quarzzuschlägen, Kornfraktion mittel bis grob, stabil
Besondere Zuschläge	Grobkörniger, eigenfabiger Rundkorn-Sand .
Bindemittel	Hydraulischer Kalk mit Klinkerphasen und geringen Gipsgehalten (XRD); wahrscheinlich durch Fe-haltige Minerale leicht bräunlich gefärbt

Putzanalyse (GWD Ullrich):

		Anteile in Gew.-%			
Probe		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand
Lieb 01	Ocker-roséfarbener Edelkratzputz	13	7,6	2,5 Pigment	76,9

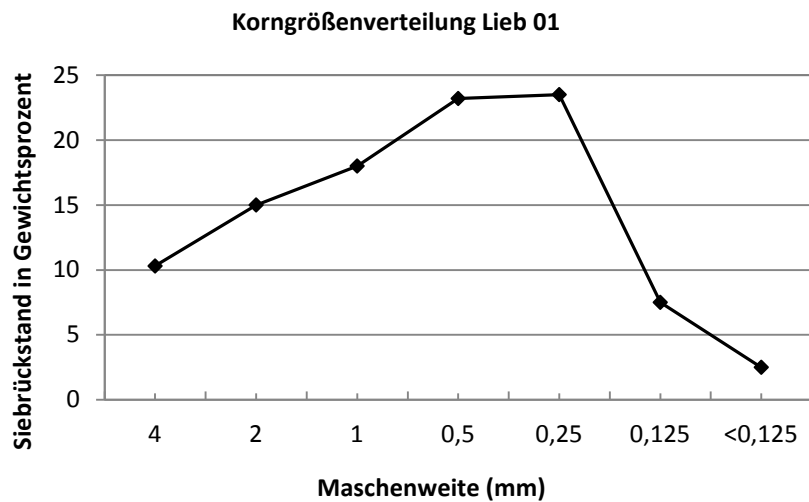
Untersuchung der Sieblinie (GWD / Ullrich):

Abb. 253: Sieblinie Lieb 01

Ermittelte Zusammensetzung (GWD Ullrich):

Lieb 01: Ockerfarbener Edelputz

1 RT hochhydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,7 kg/dm³)

2,5 RT grobkörniger, eigenfarbiger Rundkorn-Sand mit sichtbarem farbigem Korn.

Pigment: gelber Ocker, der aufgrund der relativ geringen Zugabemenge ein eher rosafarbenes Gesamtbild ergibt.

5.3.10 Wohnhaus Schöneiche

Adresse:	Waldstraße 25, 15566 Schöneiche
Architekt:	Nicht bekannt
Baujahr:	1926
Bemerkung:	Oberputz besonders an exponierten Seiten abgewittert bis Totalverlust, Rissbildungen, teilweise unsachgemäß mit Zementmörtel geschlossen



Abb. 254: Wohnhaus Schöneiche, Fassade Straßenansicht und Detail abgewitterte Zone

Beschreibung:

Probe Schön 01, Oberputz Fassade, keine Proben erhalten, ca. 0,2 bis 0,5 cm dicker Spritzputz, ebene Oberflächenstruktur, feine Kornfraktion, Farbton vergleichbar NCS 1050-Y20R, leicht absandend

Putzanalyse (GWD Ullrich):

		Anteile in Gew.-%			
Probe		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand
Schön 01	Ockerfarbener Edelspritzputz	10	19,5	2,0 Gips 4,5 Pigment	66

Untersuchung der Sieblinie (GWD / Ullrich):

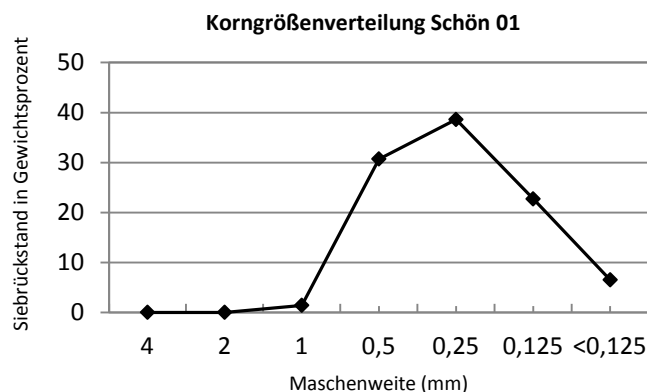


Abb. 255: Sieblinie Schön 01

Ermittelte Zusammensetzung (GWD Ullrich):

Schön 01: Spritzputz ocker

1 RT Weißkalkhydrat

3 RT hydraulisches Bindemittel (vermutlich Zement)

7 RT feinkörniger Sand (0/1 mm) und Glimmerplättchen (vermutlich Muscovit).

Dies entspricht einem Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis von etwa 1 : 1,7. Die Gipsanteile stammen aus der „Vergipsung“, d.h. der Umwandlung des Kalkes (Calciumcarbonat) in Gips (Calciumsulfat-Dihydrat) durch Schwefelbelastung aus der Luft (saurer Regen).

Der Pigmentanteil liegt bei 4,5 Gew.%, sehr wahrscheinlich gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid).

5.3.11 Wohnhaus Wilhelmshorst

Adresse:	Peter-Huchel-Chaussee 59, 14552 Michendorf OT Wilhelmshorst
Architekt:	Nicht bekannt
Baujahr:	1925
Bemerkung:	Sehr guter Putzzustand, Oberfläche leicht abgewittert, wenige Fehlstellen



Abb. 256: Wohnhaus Wilhelmshorst, Fassade Straßenansicht, Detail abgewitterte Zone

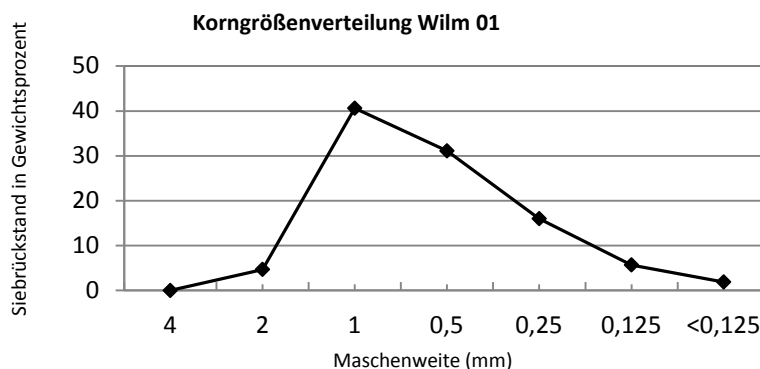
Beschreibung:

Probe Wilm 01, Oberputz Fassade, keine Proben erhalten, ca. 0,2 bis 0,5 cm dicker Spritzputz, ebene Oberflächenstruktur, feine Kornfraktion, Farbton vergleichbar NCS 2060-Y20R, stabil

Putzanalyse (GWD Ullrich)

		Anteile in Gew.-%			
Probe		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand
Wilm 01	Ockerfarbener Edelspritzputz	n.b., Probenmenge zu gering		(Gips) 4,0 Pigment	43,9

Untersuchung der Sieblinie (GWD / Ullrich):



Ermittelte Zusammensetzung (GWD Ullrich):

Wilm 01: Spritzputz, ocker

Die Putzprobe ist hoch bindemittelhaltig, vermutlich Kalkhydrat und Zement, vermutlich 1 RT Bindemittel, 1 RT Zuschlag).

Die Gipsanteile stammen aus der „Vergipsung“, d.h. der Umwandlung des Kalkes (Calciumcarbonat) in Gips (Calciumsulfat- Dihydrat) durch Schwefelbelastung aus der Luft.

Der Pigmentanteil liegt bei 4 Gew.%, sehr wahrscheinlich gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid).

Der Sand ist relativ körnig, d.h. die größten Anteile liegen zwischen 0,2 und 2 mm, was für einen Spritzputz eine höhere Kornfraktion bedeutet.

5.4 Untersuchungsergebnisse Wertheimhaus

Neben Steinputzen und Edelputzen gehört der Vorsatzbeton, eine Variation des Steinputzes, zu den materialfarbigen Oberflächen. Aus diesem Grund wurde ein weiteres Objekt zur Bearbeitung ausgewählt. Hierbei handelt es sich um das Wertheim-Haus, jetzt Kulturfabrik Moabit. Das 1911-12 von Ernst Scharnke für den Wertheim-Konzern als Fleischerei, Bäckerei und Konditorei errichtete Gebäude knüpft an die Kaufhaus- und Geschäftshausarchitektur Alfred Messels an. Die das Haus senkrecht gliedernden Wandpfeiler sind verputzt, die Brüstungsfelder mit Reliefschmuck versehen. Das Balusterband über dem vierten Geschoss nimmt die Natursteinsichtigkeit der mit Muschelkalk verkleideten Sockelzone durch Bauelemente aus Vorsatzbeton mit Muschelkalkzuschlägen auf.

An den Schmuckelementen wurden Reinigungsmöglichkeiten erprobt; für die Kunststeinelemente wurde ein Reparaturmörtel entwickelt.

5.4.1 Wertheimhaus / Kulturfabrik Moabit

Adresse:	Lehrter Straße 35, 10557 Berlin,
Architekt:	Ernst Scharnke (Architekt & Maurermeister), Fritz Eicke
Baujahr:	1911-12
Bemerkung:	Materialfarbiger Flächenputz, Betonwerkstein und Vorsatzbeton Betonwerksteinfelder: Guss- / Stampfverfahren, Scharrur Gesims: Handantrag, Schablonenzug, Scharrur



Abb. 257: Wertheim-Haus Lehrter Straße, Berlin-Moabit, rechts Schmuckelemente aus Vorsatzbeton

Untersuchte Proben (Annett Baack, Dünnschliff, Mikroskopie und PolMik):

	Probe KuFa 01	Probe KuFa 02	Probe KuFa 03
Putztechnik	Unterputz des Flächenputzes	Materialfarbiger, hellgrauer Flächenputz	Betonwerkstein und Vorsatzbeton
Oberfläche	-	gespritzt	scharriert
Farbe	Hellockrig-grau	grau	ockrig-grau
Zustand	Relativ weich und sandend	Fest und nicht sandend	Sehr stabil
Schichtdicke	ca. 1,0-1,4 cm	ca. 0,4-1,0 cm	je nach Applikationsart; ca. 0,5-2,5 cm
Kornfraktion	sehr fein; 0,06-0,45mm	Mittelfein; 0,2-1,2 mm	Grob, Größtkorn 10-14 mm
Zuschläge	Ca. 90-90% Quarz von gleichmäßiger Größe Feldspat, vereinzelte Gesteinsbruchstücke (z.B. Kalkstein), Hornblende, Glimmer, Stroh	Ca. 90-90% Quarz (runde, graue Quarzkörnungen, Rest 5-10% setzt sich zusammen aus Feldspat, vereinzelten Gesteinsbruchstücken Gesteinsbruchstücke (z.B. Kalkstein) und Glimmer	Feinkristalliner Calcit und Kalkstein mit fossilen Einschlüssen, scharfkantige Marmorbruchstücke, Feldspate
Besondere Zuschläge	Strohhäcksel	Runde, graue Quarzkörnungen, Glimmer	Faserartige organische Bestandteile (Tierhaare?)
Bindemittel	Zement, erkennbar an nicht abgebundenen Zementphasen; diese deuten auch auf ungünstiges Wasser/ Zuschlagverhältnis bei der Herstellung	Zement hydraulischer Kalk keine Zementklinker zu erkennen aufgrund vollständiger Erhärtung des Mörtels	Portlandzement; erkennbar sind auch nicht abgebundene Zementphasen, welche auf ungünstiges Wasser/ Zuschlagverhältnis bei der Herstellung deuten
Gefüge	Keine optimale Korngrößenverteilung; offenes, lockeres Gefüge	Dichteres Gefüge als UP; feine Risse in Bindemittelmatrix und entlang der Zuschlagskörner	Dichtes Gemenge aus Bindemittel und Zuschlag, geringer Porenanteil
Mengenverhältnis	Grobe Schätzung anhand des Dünnschliffs: Zuschlag: 70% Bindemittel: 15% Porenraum: 15%	Grobe Schätzung anhand des Dünnschliffs: Zuschlag: 60% Bindemittel: 30-35% Porenraum: 5-10%	Grobe Schätzung anhand des Dünnschliffs: Zuschlag: 60% Bindemittel: 30% Porenraum: 10%

Untersuchte Proben:

Abb. 258: Probe KuFa 02, Flächenputz



Abb. 259: Probe KuFa 01 und 02; a) Unterputz b) Oberputz c) Stroh

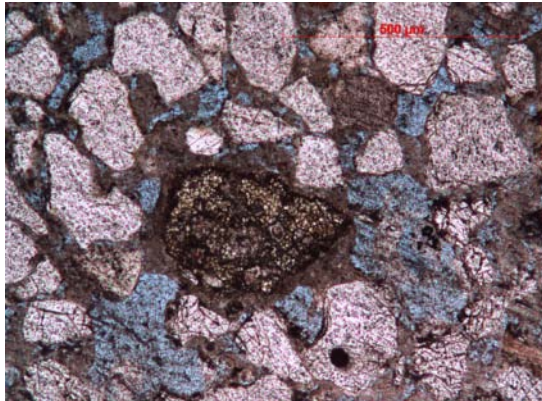
Dünnschliffbilder:

Abb. 260: KuFa Unterputz, Zementklinker (nicht abgebundene Zementphase in der Bindemittelmatrix) im linearen Licht

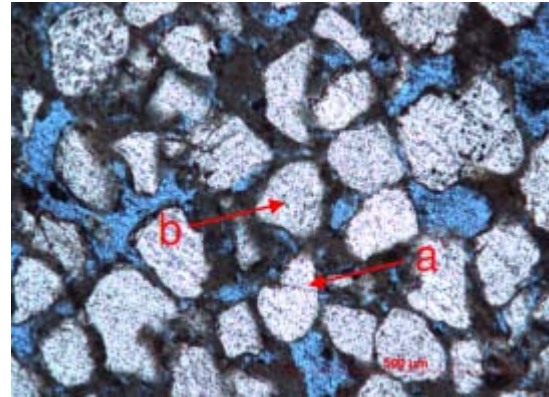


Abb. 261: KuFa Unterputz, a) Quarz b) Feldspat (Zwillingskristall) in linearem Licht

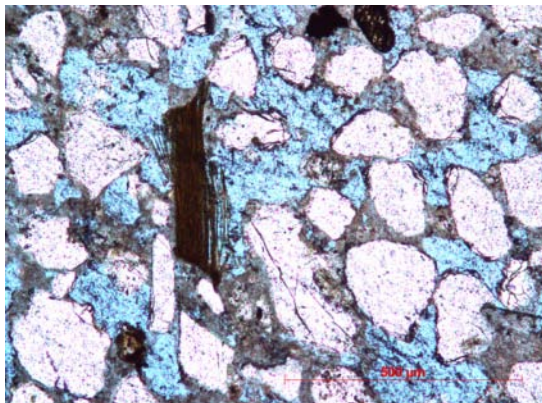


Abb. 262: KuFa Unterputz, Glimmer in linearem Licht

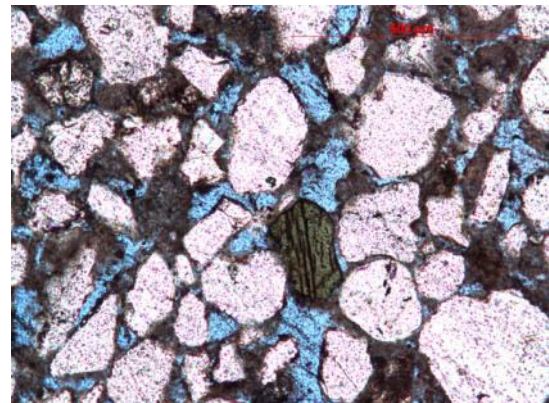


Abb. 263: KuFa Unterputz, Hornblende (rechts) in linearem Licht

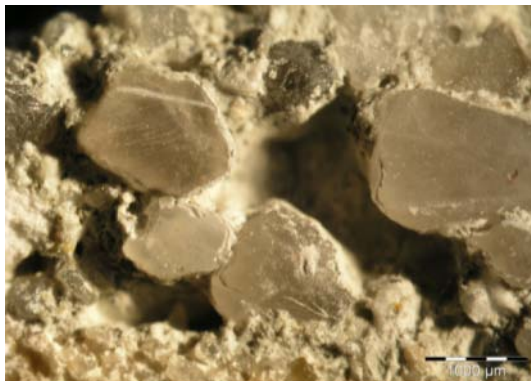


Abb. 264: KuFa, Oberputz Mikroskopieaufnahme Putzgefüge



Abb. 265: KuFa Oberputz in situ, ungewöhnlich hohe Schichtdicke für Spritzputzausführung

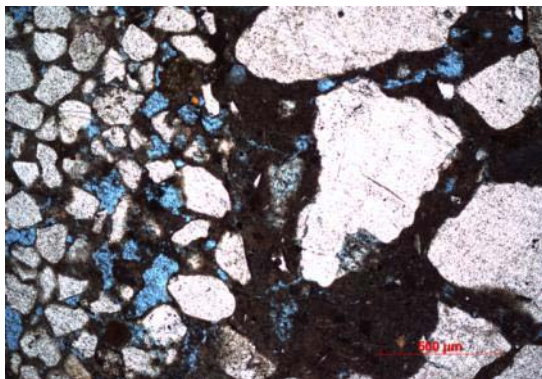


Abb. 266: KuFa, Übergang Unter- / Oberputz im linearen Licht, die Dünnschliffaufnahme zeigt deutlich die Korngrößenunterschiede zwischen den Putzlagen



Abb. 267: KuFa Oberputz, Poren- und Risse im Bindemittelgefüge im linearen Licht



Abb. 268: KuFa 03 Balusterband, oberer Rissbereich des Zwischenfeldes mit glatter Spiegelfläche



Abb. 269: KuFa 03, mikroskopische Aufnahme Übergang Vorsatzbeton (a) / Kernbeton (b)



Abb. 270: KuFa 03, Kunstwerksteinfelder: Guss- / Stampfverfahren, scharriert; Gesims: Handantrag, Schablonenzug, scharriert

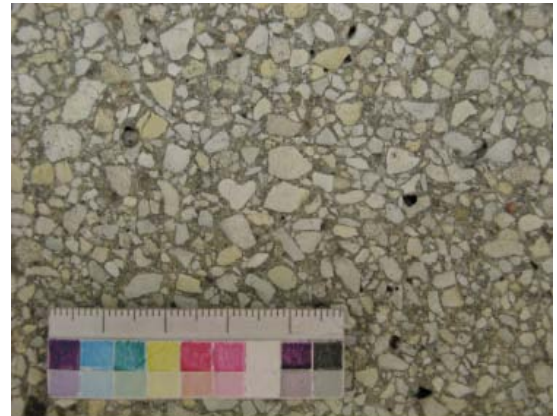


Abb. 271: KuFa 03, Aufnahme der geschliffenen Probe

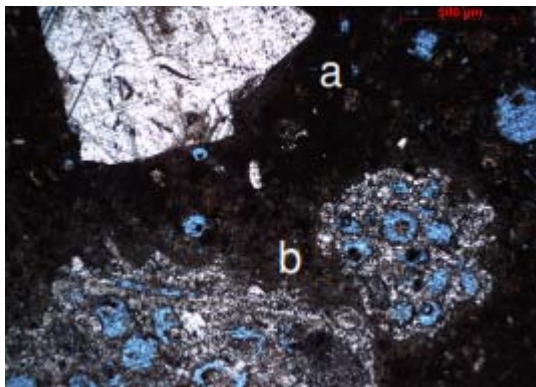


Abb. 272: KuFa 03, DS, Marmor (a) und Kalkstein (b)

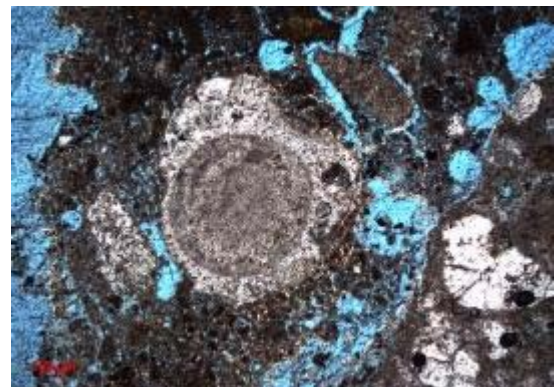


Abb. 273: KuFa 03, Kalkstein mit fossilen Einschlüssen

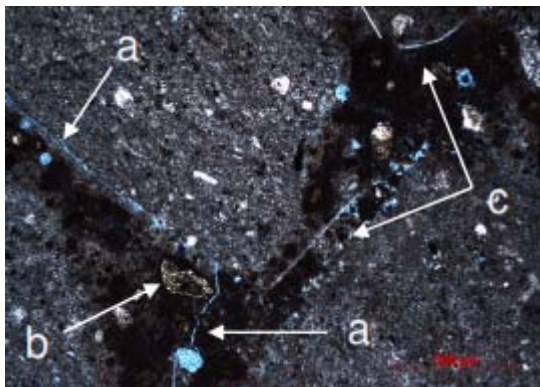


Abb. 274: KuFa 03, DS, Risse in der Matrix / entlang des feinkristallinen Kalksteins (a), Zementklinker (b) und nicht bestimmbarer faserartiger Zusatz (c)

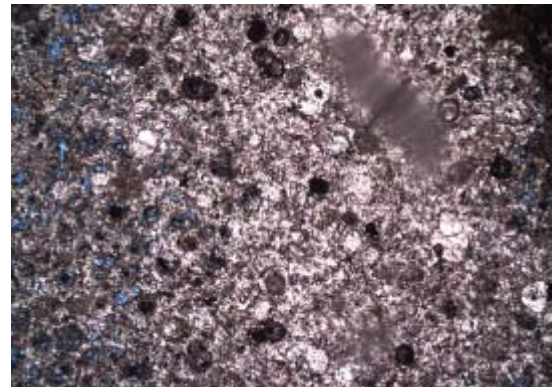


Abb. 275: KuFa 03, feinkristalliner Kalkstein

Thermogravimetrische Putzanalyse Oberputz (Ronald Adamini, FEAD):

Bindemittelbestimmung mit Thermogravimetrieanalyse (TGA)		Anteile in Gew.-%			
Probe		Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil	Gips	n.B.
KuFa 02	grauer Edelspritzputz	16,6	5,4	4,6	7,2 Masseverlust
<p>Der Bindemittelanteil der Putzprobe ist relativ hoch, vermutlich mit Zement und Kalk oder mit einem hydraulischen Kalk gebunden. Die Gipsanteile stammen aus der „Vergipsung“, d.h. der Umwandlung des Kalkes (Calciumcarbonat) in Gips (Calciumsulfat- Dihydrat) durch Schwefelbelastung aus der Luft. Vermutl. keine Zugabe von Pigmenten.</p> <p>Die TGA-Analyse ergab des Weiteren einen nicht identifizierbaren Peak bei 440 °C. Unter Umständen könnte es sich um Glimmer handeln, der dem Putz aus optischen Gründen zugesetzt wurde. Auszuschließen ist, dass es sich um Calciumhydroxid handelt, da die Mörtelprobe vollständig karbonatisiert ist.</p> <p>Organische Zusätze in dieser Menge sind für das Alter des Mörtels unüblich, außerdem liegt die Zersetzungstemperatur organischer Bestandteile in der Regel unter 440 °C.</p>					

Eine Nachstellung des Edelputzes erfolgte nicht.

Analyse Betonwerkstein (aufgrund calcitischer Bestandteile keine quantitative Untersuchung):

Korngrößenverteilung Betonwerkstein
Auszählung, Angaben in Stückzahl

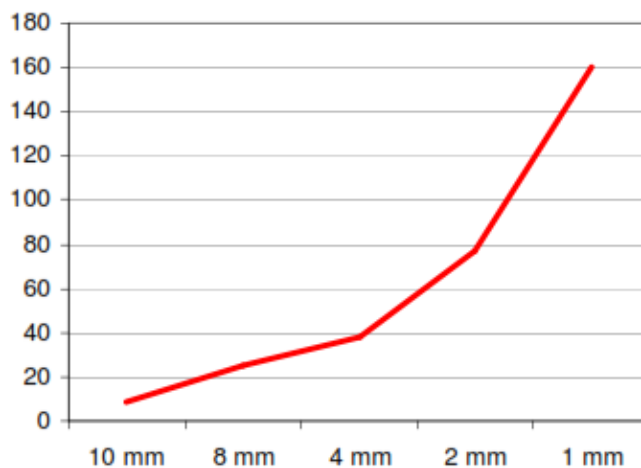


Abb. 276: Auszählung der Korngrößenverteilung auf einer Fläche von ca. 6x7 cm

5.5 Untersuchungsergebnisse Steinputze

5.5.1 Weiße Stadt

Adresse:	Aroser Allee u.a., 13407 Berlin-Reinickendorf
Architekt:	O.R. Salvisberg, W. Büning
Baujahr:	1929-1931
Bemerkung:	Fassaden der Wohnhäuser mit weißem Farbanstrich, Hauseingänge und Vordächer aus materialfarbigem Steinputz in gutem Zustand, z.T. aber verschmutzt



Abb. 277: Weiße Stadt, Hauseingang Aroser Allee

Putzanalysen³⁸⁷:

Proben WS 01 bis WS 04, Aroser Allee, Hauseingänge. Entnahme der Proben: 1990³⁸⁸.

Quantitative Analysen wurden aufgrund der karbonatischen Zuschläge nicht durchgeführt.

WS 01:	
Struktur	Grauer, dichter, sehr fester Steinputz mit hellen und dunklen mm-großen Zuschlägen auf Unterputz; Luftporengehalt mäßig, fast durchwegs geschlossen; D=1-4mm. Kapillarporosität sehr niedrig, nur oberflächennah bereichsweise erhöht.
Bindemittel	Grob gemahlener Portlandzement mit vielen nicht hydratisierten Klinkerphasen, Kalkfiller Karbonatisierung vollständig bis 5-10 mm Tiefe, darunter nur teilweise; an der Grenzfläche zum Unterputz vollständig.
Zuschlag	Brechsande in gezielter Abmischung mit Bach- und grubensanden. Heller Zuschlag besteht aus transparenten Kluftcalcit-Einzelkristallen, bis 6mm (scharfe Kanten), dunkler Zuschlag ist leicht kantengerundet, länglich und besteht aus Dolomitgestein, bis 4mm (XRD und PolMik), sehr wenig gerundeter Quarz.
Unterputz	Putz aus grob gemahlenem Portlandzement mit etwas feinem Hüttensand, Körnung aus gerundetem Quarz, etwas Feldspat, Sandsteinfragmenten; Großteils 0,4mm, vereinzelt bis 2,5mm; vollständig karbonatisiert.

WS 02:	
Struktur	3-lagig aufgebaut: 1) ca. 1-1,5 cm starker grau-rötlicher Steinputz, der auf einem hellgrauen Unterputz aufliegt, 2) dunkle dichte, Zement-Schlämme, in die die aus der Oberfläche herausstehende Zuschläge eingebunden sind, 3) rötliche Schlämme auf Schicht 2.
Bindemittel	Portlandzement in Schicht 1 und 2, in Schicht 3 dominiert wahrscheinlich Kalk (CaCO ₃) als Bindemittel.
Zuschlag	Als große Zuschläge treten an der Oberfläche hervor: Quarz (grau), Kalifeldspat (rosa) und Pyroxen (schwarz) (alle XRD). Die gleichen Zuschläge lassen sich zerkleinert zusammen mit Gesteinsbruchstücken magmatischer Gesteine im Steinputz (Schicht 1) identifizieren.
Unterputz	Putz aus grob gemahlenem Portlandzement mit etwas feinem Hüttensand, Körnung aus gerundetem Quarz, etwas Feldspat, Sandsteinfragmenten; Großteils 0,4mm, vereinzelt bis 2,5mm; vollständig karbonatisiert.

³⁸⁷ Ergebnisse der Untersuchungen von Steffen Laue und Bayer/Weber.

³⁸⁸ Büro Brenne Architekten

WS 03:	
Struktur	Beiger Steinputz mit Schlämme (heute grau) und großen bräunlichen Calcitzuschlägen
Bindemittel	Portlandzement mit vielen nicht hydratisierten Klinkerphasen und Kalkanteilen, Färbung erfolgte mit gelb-braunem Calcit (CaCO_3) als größere und kleinere Zuschlagkörnung (siehe Abb. 24) und Eisenhydroxid.
Zuschlag	bis zu 1 cm großer gelblicher Calcit (XRD), sowie viel Quarz und gelbe Eisenhydroxide

WS 04:	
Struktur	Dunkelbeiger Steinputz mit vielen großen, teilweise bräunlichen Calcitzuschlägen (Kalkstein); ähnliche Struktur und Zusammensetzung wie WS 03.
Bindemittel	Portlandzement mit vielen nicht hydratisierten Klinkerphasen und Kalkanteilen, Färbung erfolgte mit gelb-braunem Calcit (CaCO_3) als größere und kleinere Zuschlagkörnung.
Zuschlag	zu 1 cm großer gelblicher Calcit (XRD) und nur wenig Quarz

WS 05:	
Struktur	Struktur: grauer, dichter, sehr fester Steinputz mit hellen und dunklen mm-großen Zuschlägen (ähnlich wie WS 01)
Bindemittel	Portlandzement mit vielen nicht hydratisierten Klinkerphasen
Zuschlag	bis zu ca. 0,5 cm großer heller kantiger Calcit (Marmorsplit) sowie dunkles teilweise mehrere mm großes Dolomitgestein (XRD), die Zuschläge sind die gleichen wie in WS 01

Dünnschliffbilder WS-01³⁸⁹

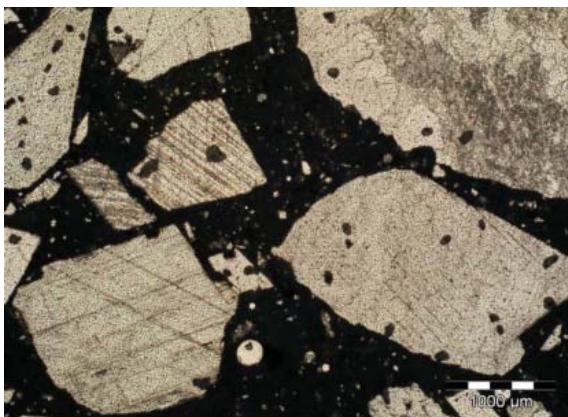


Abb. 278: WS 01, DS (Ilpol), in dichtem Zement (schwarz) eingebundene Zuschläge: scharfkantiger Calcit sowie mehr gerundetes und dunkleres Dolomitgestein (oben rechts)

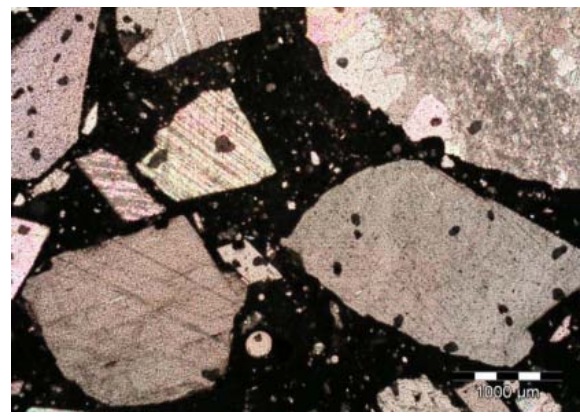


Abb. 279: WS 01, gleicher Ausschnitt wie in Abb. vor, hier mit gekreuzten Polarisatoren (xpol), die karbonatischen Zuschläge sind an der hohen Doppelbrechung gut zu erkennen

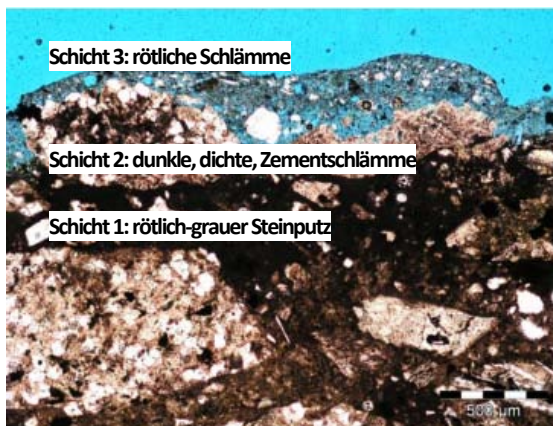


Abb. 280: WS 02, Steinputz mit Zementschlämme und rötlicher Kalkschlämme (Ilpol)

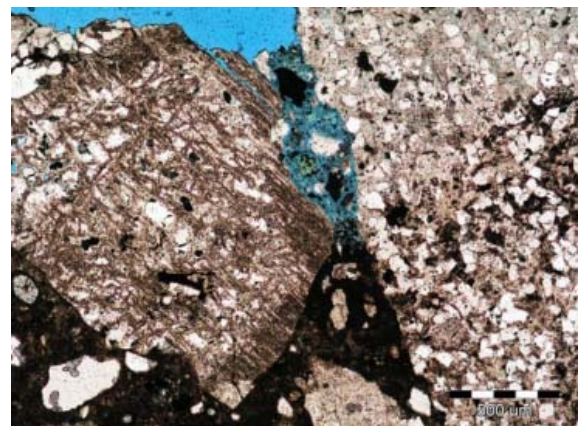


Abb. 281: WS 02, zwei Gesteinsbruchstücke als Zuschläge in Zementschlämme gebunden, in der Mitte oben aufliegende bzw. hier eingedrungene Kalkschlämme (Ilpol)

³⁸⁹ Steffen Laue/ FHP

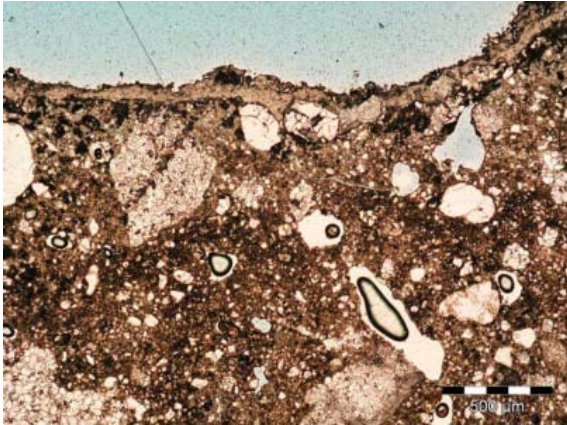


Abb. 282: WS 03, DS (Ilpol), Putzstruktur mit Schlämme, heterogene Verteilung der großen und kleinen Calcitzuschläge und Quarz

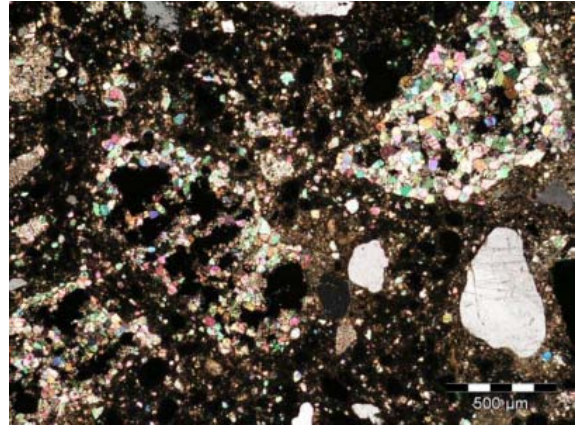


Abb. 283: WS 03, DS (xpol), heterogene Verteilung der bunten Calcit-Mineraie, die für die braune Färbung des Steinputzes verantwortlich sind.

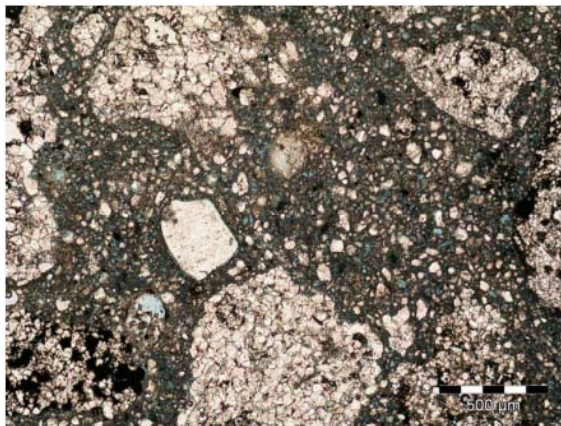


Abb. 284: WS 04, DS (Ilpol), Putzstruktur, heterogene Verteilung großer und kleiner Calcitzuschläge

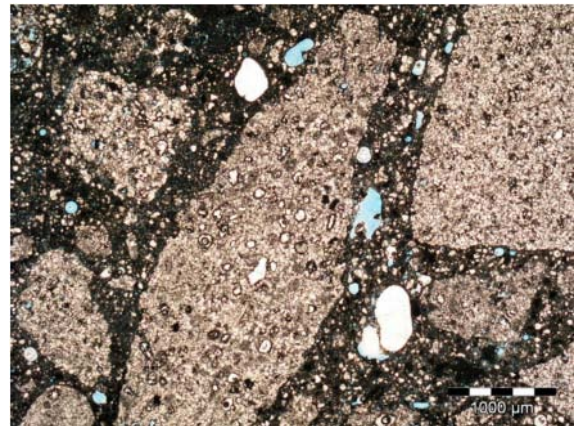


Abb. 285: WS 04, DS (Ilpol), große gelb-braune Calcitzuschläge



Abb. 286: WS 05, DS (Ilpol), Putzstruktur an der Oberfläche, hier mit großen Calcitzuschlägen und wenigen kleinen gerundeten Quarzen

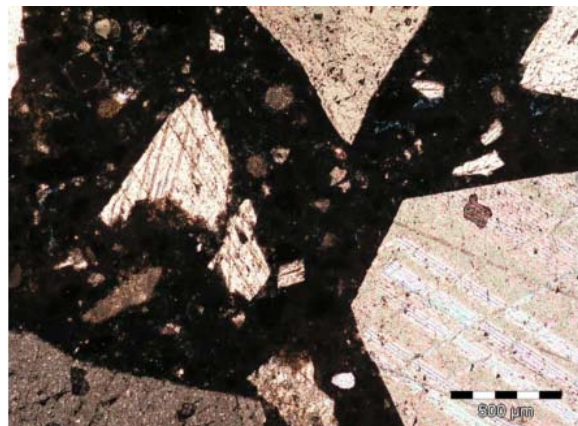


Abb. 287: WS 05, DS (xpol), Detail, kantiger Calcit in dichtem schwarzen Zement

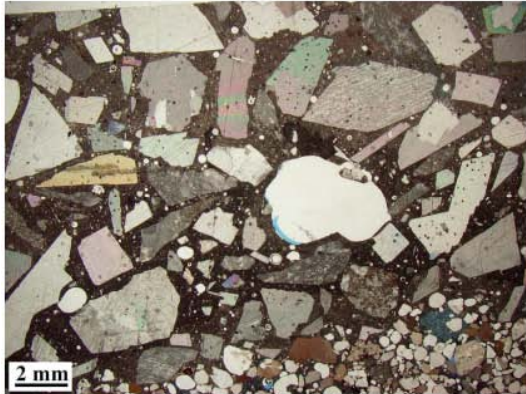
Abbildungen WS-01³⁹⁰WS-1
A

Abb. 288: DS gesamt DL //N

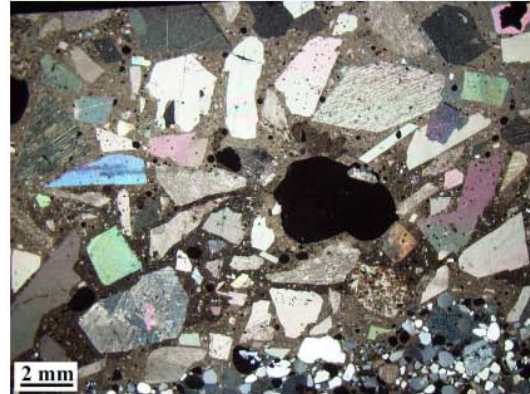
WS-1
B

Abb. 289: DS gesamt DL X

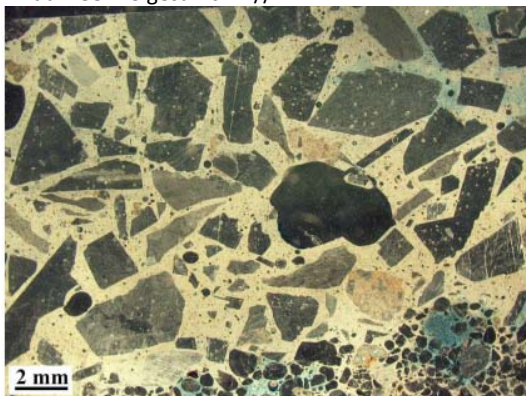
WS-1
C

Abb. 290: DS gesamt DL-DF

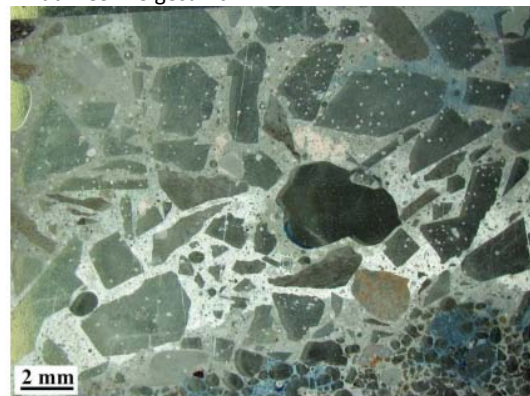
WS-1
D

Abb. 291: DS gesamt, AL; nicht vollständig karbonatisierte Bereiche erscheinen hell

WS-1
E

Abb. 292: DS Steinputz, karbonatisiert: PZ-Klinker, gefärbt (Phenolphthalein?); DL //N

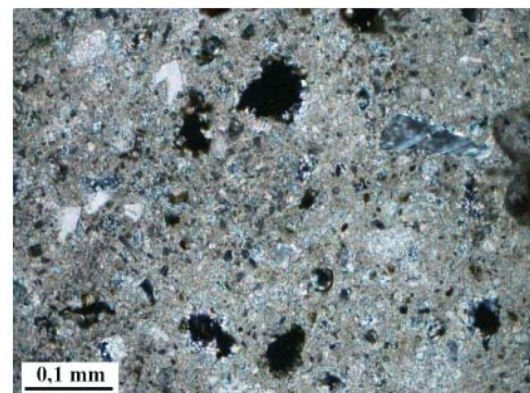
WS-1
F

Abb. 293: wie Abb. E, DL X N; Klinker aufgrund der Decalcifizierung isotrop, Matrix doppelbrechend

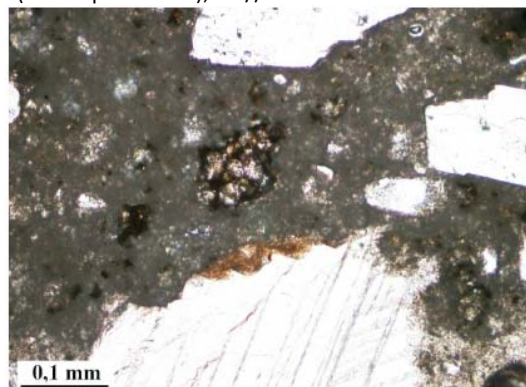
WS-1
G

Abb. 294: DS Steinputz, nicht vollständig karbonatisiert: PZ-Klinker dicht; Kalkfiller; DL //N

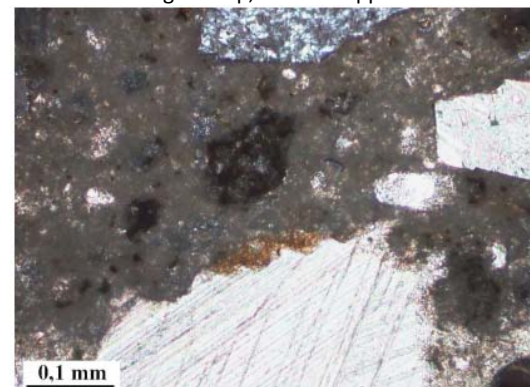
WS-1
H

Abb. 295: wie G; DL X N; Klinker nicht vollständig isotrop, Matrix isotrop

³⁹⁰ Bayer/Weber; Präparierung der Dünnschliffe: Steffen Laue

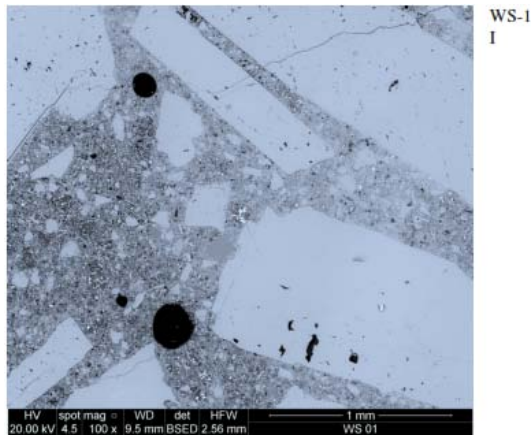


Abb. 296: DS Steinputz: Klufcalcite; REM-BSE

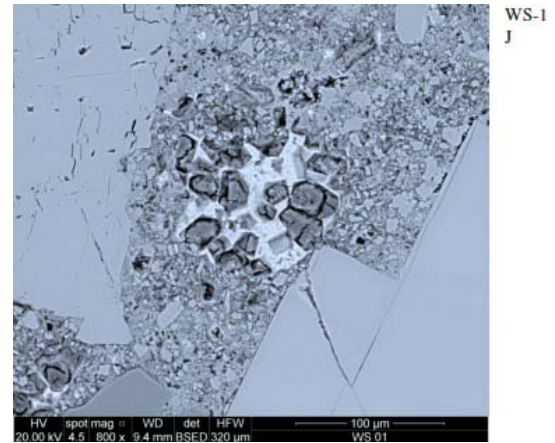


Abb. 297: DS Steinputz: PZ-Klinker: REM-BSE

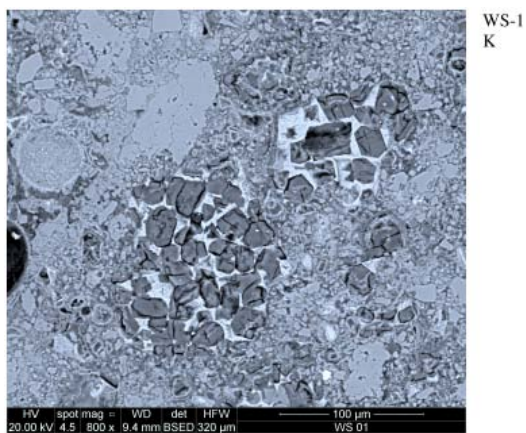


Abb. 298: DS Steinputz: PZ-Klinker: REM-BSE

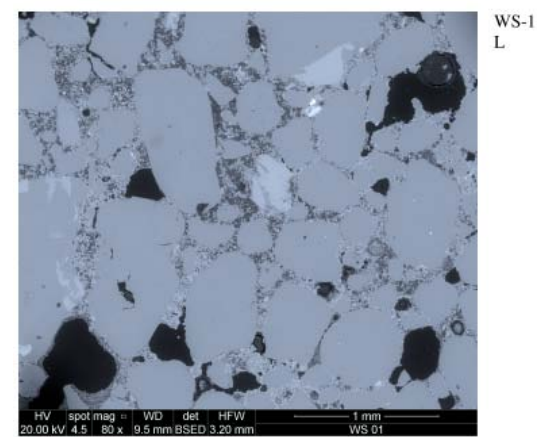


Abb. 299: DS Grundputz: mit Quarzsand stark gemagert; REM-BSE

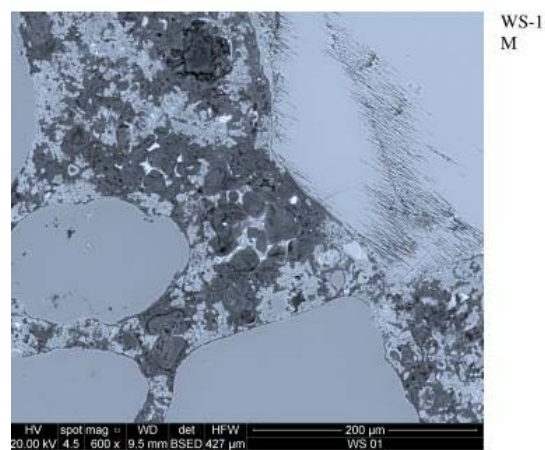


Abb. 300: DS Grundputz: PZ-Klinker, Quarz-/Feldspat; REM-BSE



Abb. 301: DS Grundputz: feiner Hüttensand im Bindemittel; AL //N

5.5.2 Pergamonmuseum

Adresse:	Am Kupfergraben 5, 10117 Berlin-Mitte
Architekt:	Alfred Messel, Ludwig Hoffmann
Baujahr:	1907-1930
Bemerkung:	Schaufassaden (Ehrenhof) mit Kirchheimer Muschelkalk verkleidet. Seitliche und hintere Fassaden aus Steinputz, z.T. mit Kriegsschäden, Farbveränderungen durch Verwitterungserscheinungen der dolomitischen Steinputzzuschläge.



Abb. 302: Pergamonmuseum, Nordflügel, Nordfassade

Putzanalysen (Schlütter/MPA Bremen)

Proben PMu 01 bis PMu 04, Nordfassade, Nordflügel. Entnahme der Proben: 2010.

Quantitative Analysen der Steinputze des Pergamonmuseum sind aufgrund der dolomitischen Zuschläge nicht aussagekräftig und wurden nicht durchgeführt.

Proben PMu 14 und PMu 15-O³⁹¹: Dunkelgrauer Steinputz / Probe PMu 15-U: Unterputz	
Struktur	Oberputze PMu 14 und 15 identisch. Dunkelgrauer, sehr fester Steinputz mit hellen mm-großen Zuschlägen, zum Teil auf Unterputz, z.T. direkt auf Mauerwerk. Homogen, rissfrei, Porosität erkennbar, kaum Gefügeveränderungen (keine Versinterungen, keine Vergipsung, keine Gefügelockerungen, vereinzelt Kalksäume an den Wandungen von Luftporen Porosität: 8-10 Vol.-%, Wasseraufnahme 3-6 Ma-%. Auffällig sind die relativ hohen Werte der thermischen und hygrischen Dilatation, die u.U. bei Addition zu Spannungen und damit zu Ablösungen vom Untergrund bzw. zu Rissen im Putz führen können.
Bindemittel	Belitreicher Portlandzement, relativ grobkörnig (belitreiche Körner bis 350 µm). Neben den üblichen Bestandteilen (Ca, Si, K, Na, Fe) sind im Bindemittel auch Magnesium und geringe Mengen S und Cl enthalten.
Zuschlag	Dolomitgesteinssplitt (Bruchstücke bis 6 mm, meist kantige Formen); in den Dolomitstücken stellenweise Kalifeldspat-Einschlüsse, primäre Calcitdomänen bzw. calcitische Rissfüllungen, Fe-reiche Tonminerale. Probe PMu 14 enthält keine silikatischen Zuschläge. PMu 15-O enthält neben dem Dolomitsplitt geringe Mengen silikatischen Zuschlag (Korngröße bis 0,7 mm) Farbgebender Bestandteil ist schwarzes Eisenoxid – vermutlich überwiegend Magnetit (Fe ₃ O ₄).
Unterputz	Bräunlicher Kalk-Zementputz mit silikatischem Zuschlag. Bindemittel Portlandzement und Kalkhydrat (unsicher); relativ grobkörniger PZ-Klinker (Klinkerrelikte bis 200 µm), etwas feiner als in PMu 14. Zuschlag glazialer Sand mit gut gerundeten überwiegend aus Quarz bestehenden Körnern (Größtkorn 2mm mit einem Überkorn bis 1cm). Einzelne Kalksteinkörner (aus Oberputz verschleppt). Homogen, rissfrei, Porosität erkennbar. Starke Calcit-Versinterungen in der BM-Matrix. Die CSH-Phasen der Klinkerkörner sind häufig Ca-verarmt. Das dabei freigesetzte Ca(OH) ₂ hat maßgeblich die Versinterungen verursacht. Keine Vergipsung, keine Gefügelockerungen.

³⁹¹ Ergebnisse der Untersuchungen von Frank Schlütter / MPA Bremen; vollständiger Bericht im Anhang.

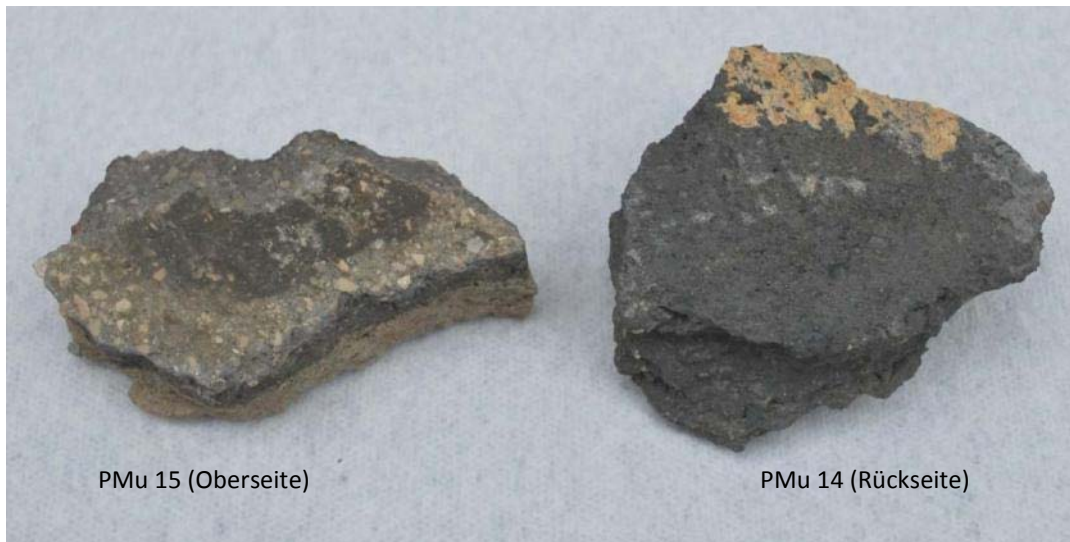


Abb. 303: Proben PMu 14 und 15 im Anlieferungszustand

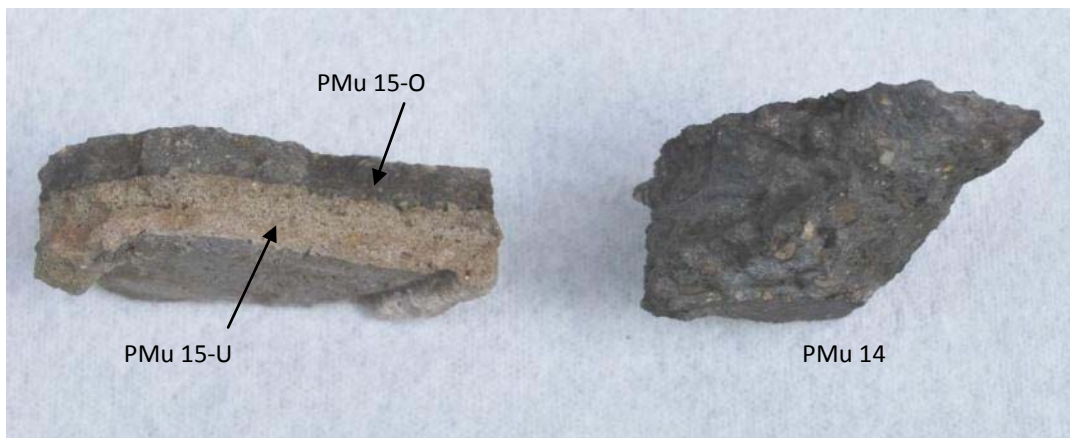


Abb. 304: Proben PMu 14 und 15 im Anlieferungszustand



Abb. 305: Proben PMu 14 und 15 im Anlieferungszustand

Zusammenfassung Materialkennwerte der Proben PMu 14 und 15

Rohdichte	2,1-2,4 g/cm ³		Dyn. E-Modul	37-53 kN/mm ²
Porosität	8-10 Vol.-%		Druckfestigkeit	36-43 kN/mm ²
Wasseraufnahme	3-6 M-%		Thermische Dilatation	10-11 µm/m°C
US-Geschwindigkeit	4-5 km/s		Hygrische Dilatation	200-400 µm/m°

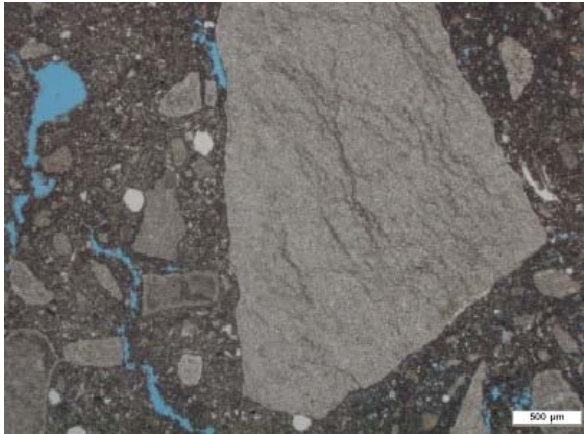
Dünnschliffbilder Probe PMu 14, Steinputz / Oberputz:

Abb. 306: PMu 14, Gefüge mit Dolomitmörnern. [PolMi-Aufnahme, I Pol.]

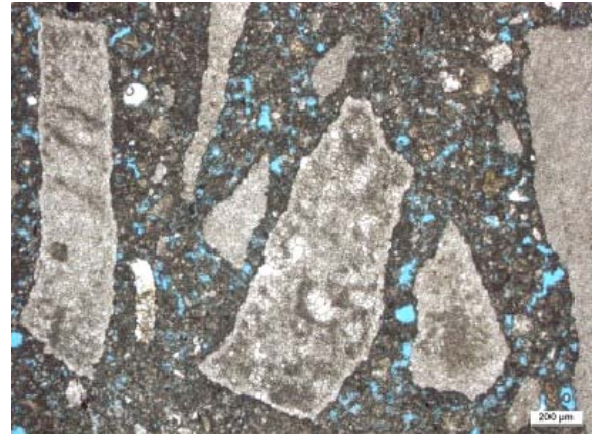


Abb. 307: PMu 14, Gefüge mit Dolomitmörnern. Typisch für den Dolomit-Splitt sind die kantigen Bruchformen. Die bräunlichen Domänen in den Körnern werden durch FeOxid-reiche Tonminerale hervorgerufen. [PolMi-Aufnahme, I Pol.]

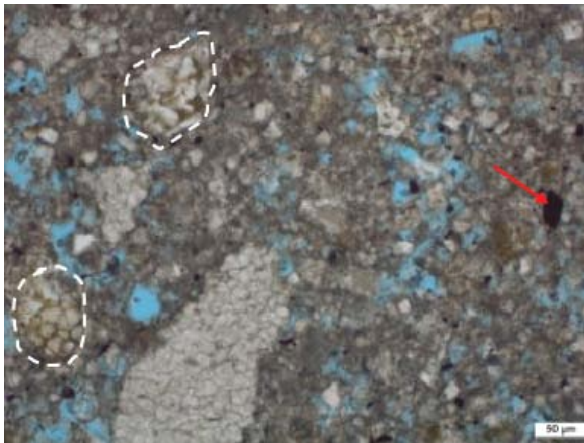


Abb. 308: PMu 14, Detail aus voriger Abb. Gefüge mit Kalksteinkörnern, PZ-Klinkerkörnern (gestr. Kreise) und schwarzen Pigmentkörnern (Pfeil). Die Porosität ist durch das blaue Einbettungsmaterial erkennbar. [PolMi-Aufnahme, I Pol.]

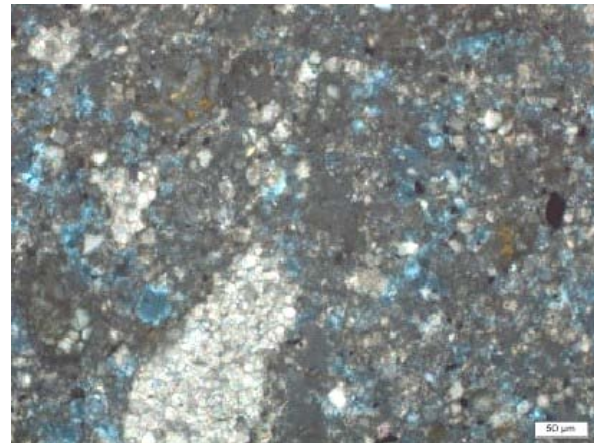


Abb. 309: PMu 14, Detail; . Gefüge mit Kalksteinkörnern, Porosität, PZ-Klinkerkörnern und schwarzen Pigmentkörnern. [PolMi-Aufnahme, +Pol.]

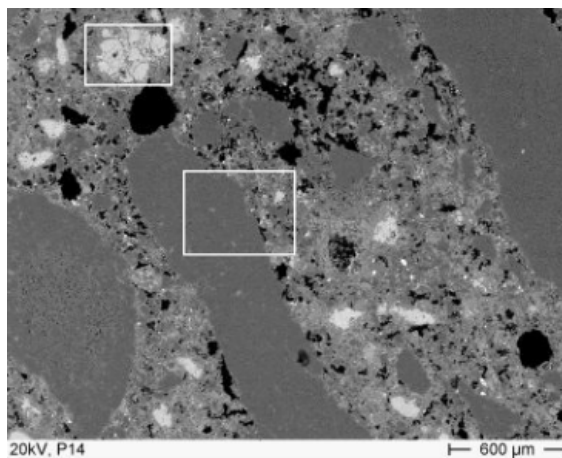


Abb. 310: PMu 14, Gefüge des Steinputzes mit Dolomitmörnern, Belitmörnern, PZ-Klinkerkörnern und Pigmentpartikeln. [REM-RE-Aufnahme am DS]

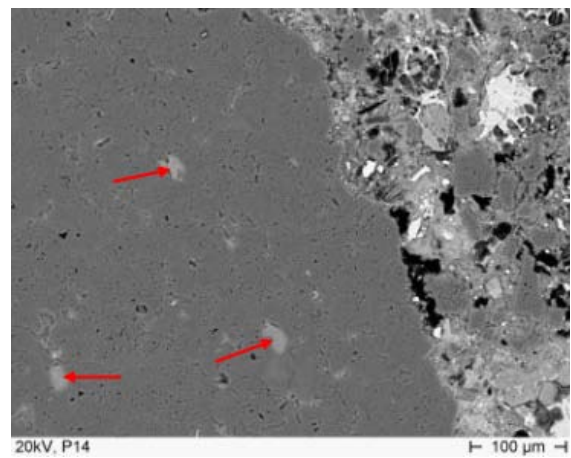


Abb. 311: PMu 14, Detail1 (unterer Rahmen); . Dolomitmorn mit Kalifeldspat-Einschlüssen (hell, markiert durch Pfeile). [REM-RE-Aufnahme am DS]

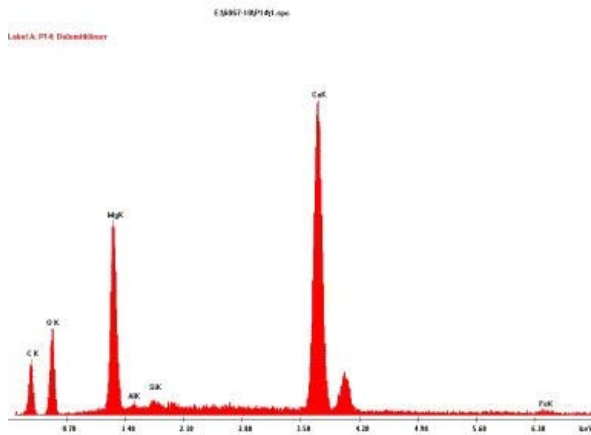


Abb. 312: PMu 14, EDX des Dolomitkorns in voriger Abb. [EDX-Analyse]

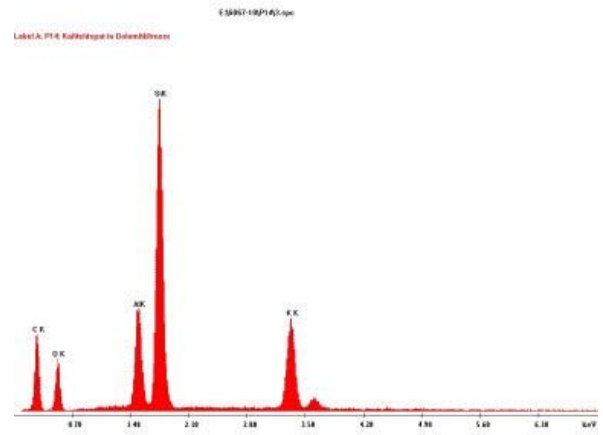


Abb. 313: PMu 14, EDX der hellen, markierten Einschlüsse im Dolomitkorn in Abb. oben: K-Feldspat. [EDX-Analyse]

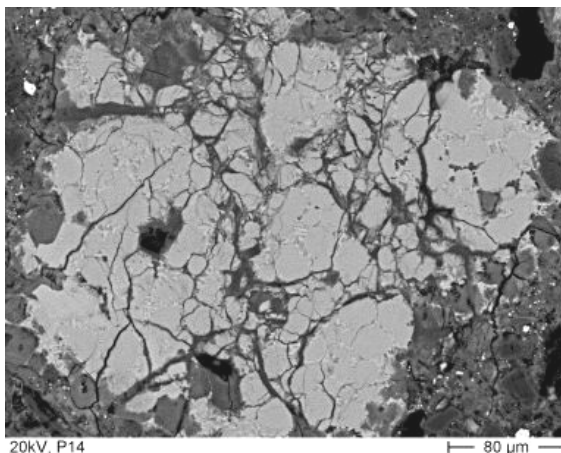


Abb. 314: PMu 14, Detail2 (oberer Rahmen) aus Abb. oben; . Belitkorn mit Anlösungskanälen). [REM-RE-Aufnahme am DS]

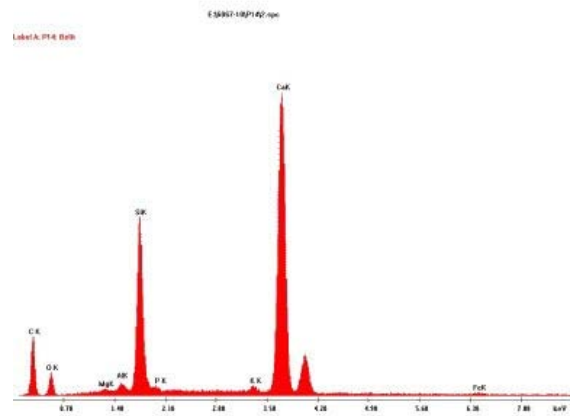


Abb. 315: PMu 14, EDX des Belitkorns in voriger Abb. [EDX-Analyse]

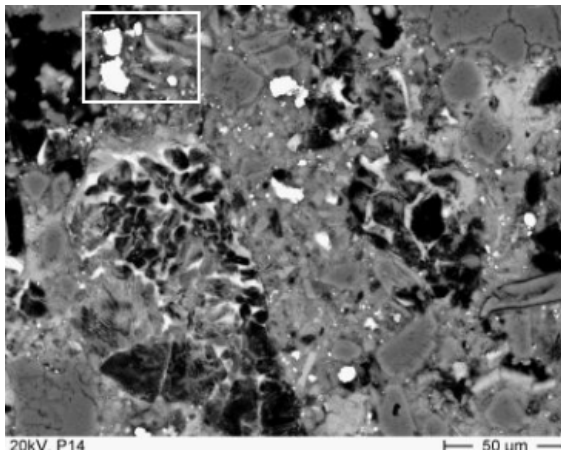


Abb. 316: PMu 14, PZ-Klinkerkörner und Schwarzpigmente (weiße Körner, z.B. in der oberen linken Bildecke, Rahmen). Belit-Phase im Klinker teilweise oder vollständig herausgelöst. BM-Zusammensetzung (Matrix). [REM-RE-Aufnahme am DS]

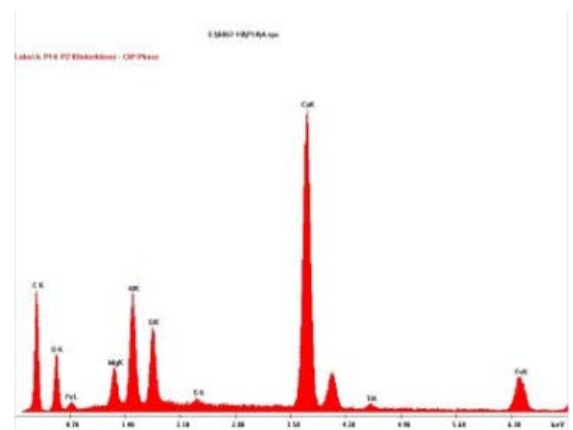


Abb. 317: PMu 14, EDX der hellen Stege in den Klinkerkörnern in Abb. vor: CAF-Phase. [EDX-Analyse]

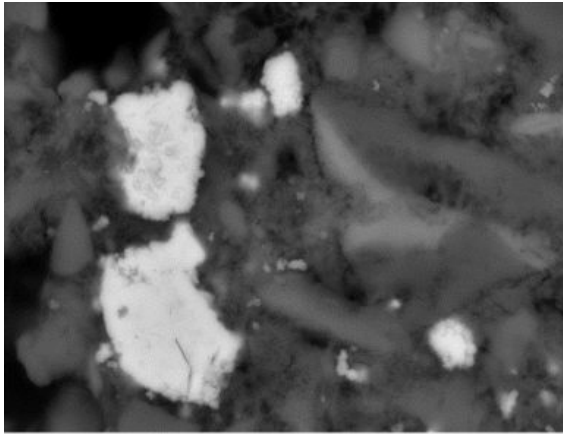


Abb. 318: PMu 14, Detail: Rahmen aus Abbildung vor: eisenoxidschwarz-Körner. [REM-RE-Aufnahme am DS]

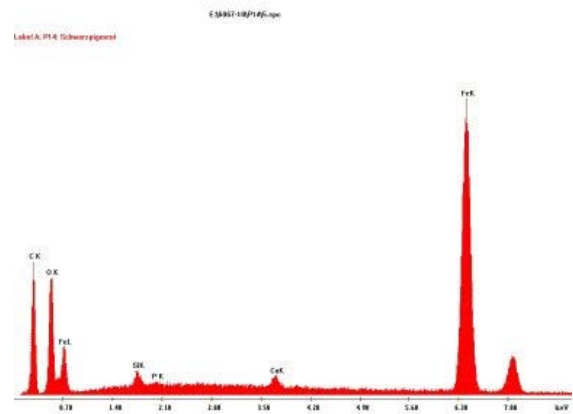


Abb. 319: PMu 14, EDX der hellen Körner in Abb. vor: Eisenoxidschwarz [EDX-Analyse]

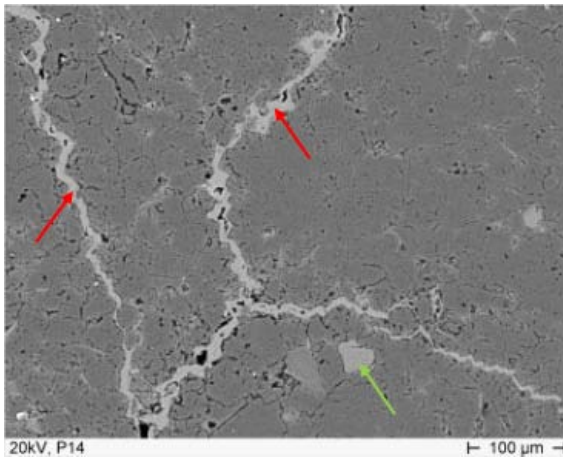


Abb. 320: PMu 14, Dolomitm Korn mit Calcit in Rissen (rote Pfeile) und Kalifeldspat-Korn (helles Korn, grüner Pfeil). [REM-RE-Aufnahme am DS]

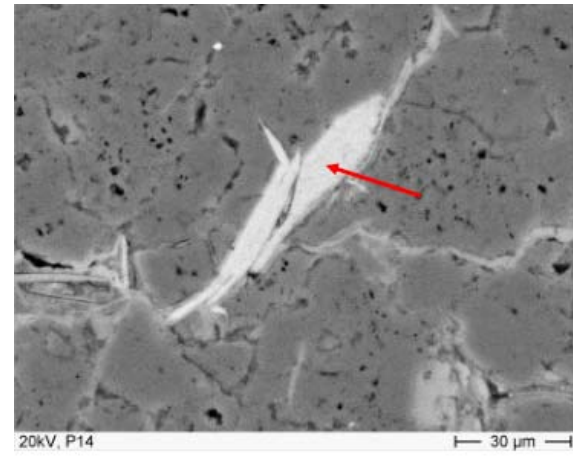


Abb. 321: PMu 14, Dolomitm Korn mit Calcit in Rissen und Kalifeldspat-Korn (helles Korn, unten). Der helle, leistenförmige Einschluss (roter Pfeil) ist ein FE-reiches Tonmineral.

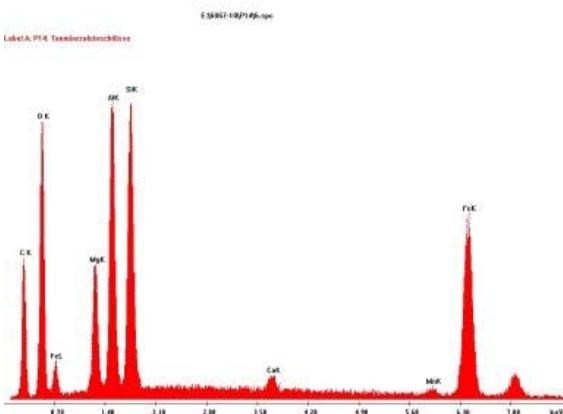


Abb. 322: PMu 14, EDX des Tonmineraleinschlusses in Abb. vor [EDX-Analyse]

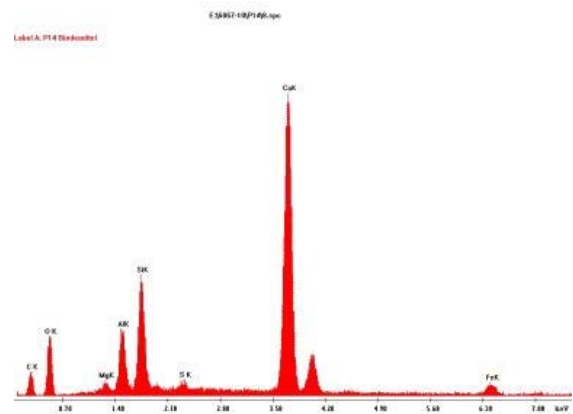


Abb. 323: PMu 14, Elementzusammensetzung des Bindemittels. Die Zusammensetzung ist typisch für zementäre Bindung. [EDX-Analyse]

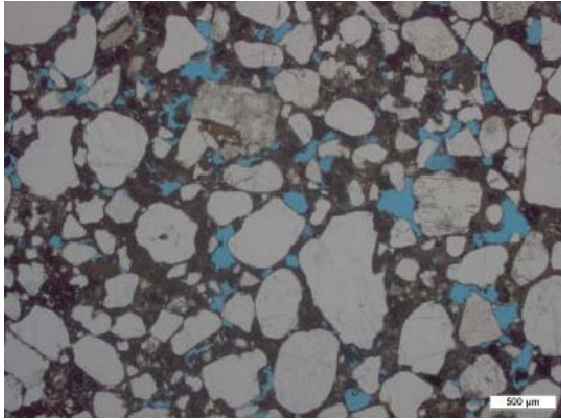
Dünnschliffbilder Probe PMu 15 / Unterputz:

Abb. 324: PMu 15, Unterputz. Kalk-Zementputz mit glazialem Sand (Quarzsand). [PolMi-Aufnahme, I Pol.]

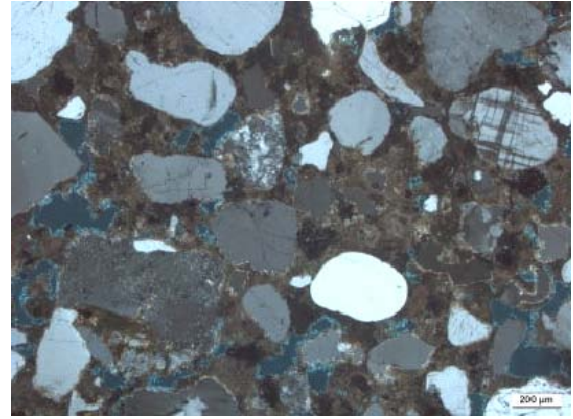


Abb. 325: PMu 15, Unterputz. Detail aus Abb. vor: Kalk-Zementputz mit glazialem Sand (Quarzsand). [PolMi-Aufnahme, +Pol.]

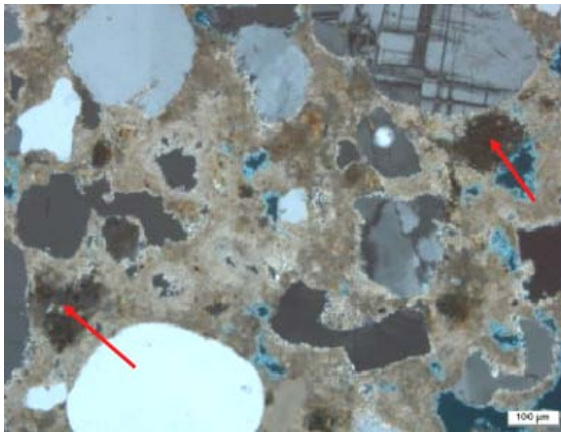


Abb. 326: PMu 15, Detail aus Abb. oben: Kalk-Zementputz mit glazialem Sand. BM versintert. PZ-Körner (Pfeile). [PolMi-Aufnahme, +Pol.]

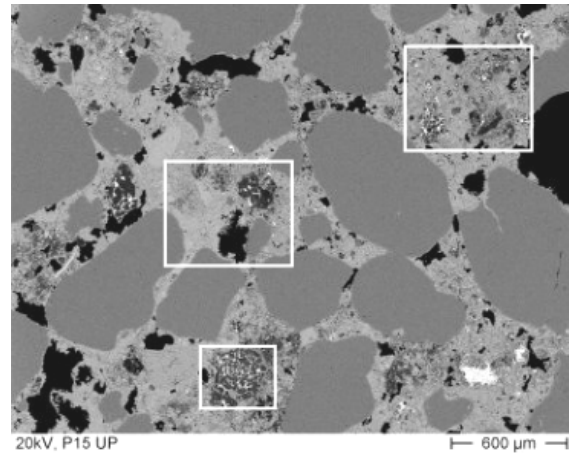


Abb. 327: PMu 15, Gefüge des Unterputzes mit silikatischen Zuschlägen (gut gerundete Quarzkörner) und PZ-Klinkerkörnern. [REM-RE-Aufnahme am DS].

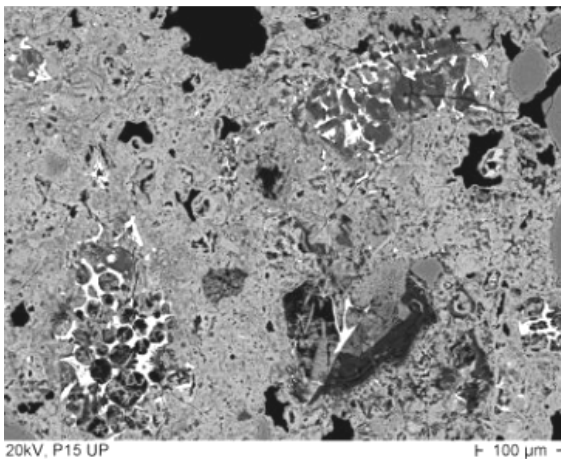


Abb. 328: PMu 15, Detail 1 (oberer Rahmen aus Abb. vor): Gefüge des Unterputzes mit PZ-Klinkerkörnern. Im unteren, linken Korn starke Anlösung der CSH-Phasen. [REM-RE-Aufnahme am DS].

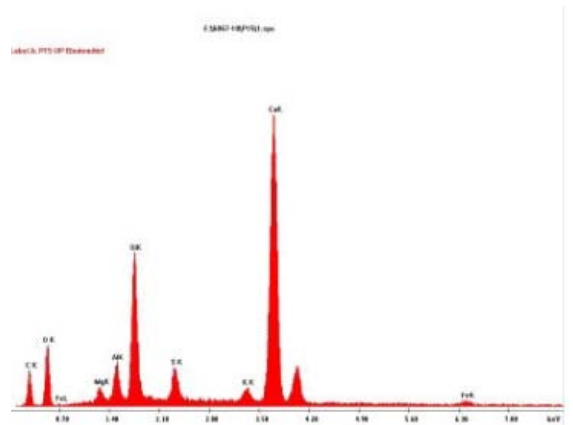
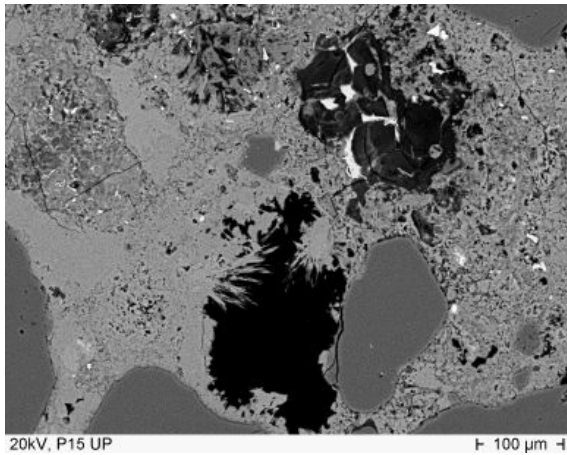


Abb. 329: PMu 15, EDX des Bindemittels des Unterputzes in Abb. vor [EDX-Analyse]



20kV, P15 UP
Abb. 330: PMu 15, Detail 2 (mittlerer Rahmen aus Abb. 3 vor): Gefüge des Unterputzes mit Versinterungen (verdichtung der BM-Matrix und nadelige Calcitkristalle in der Pore. [REM-RE-Aufnahme am DS].

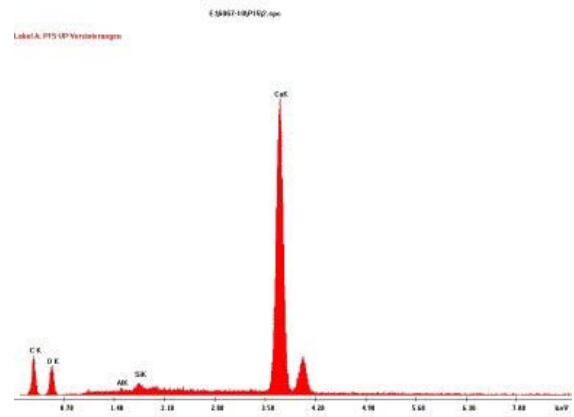
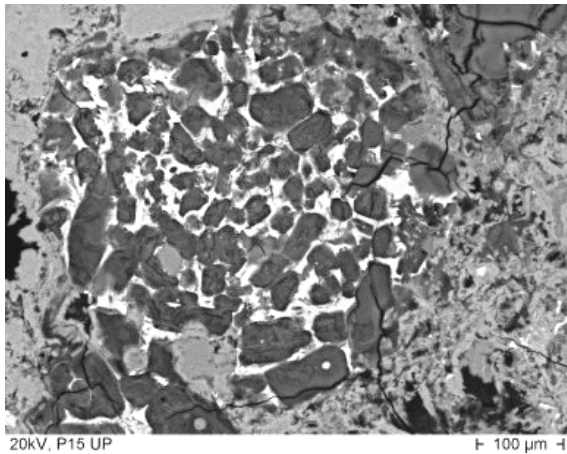


Abb. 331: PMu 15, EDX der Versinterungen des Unterputzes (Messfeld im linken unteren Bildbereich in Abb. vor [EDX-Analyse]



20kV, P15 UP
Abb. 332: PMu 15, Detail 3 (unterer Rahmen aus Abb. vor): PZ-Klinkerkorn. Die CSH-Phasen (dunkle Domänen) sind stark Ca-verarmt. [REM-RE-Aufnahme am DS].

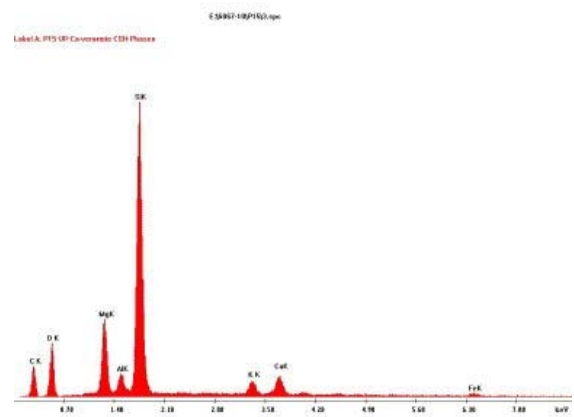


Abb. 333: PMu 15, EDX der Ca-verarmten CSH-Phasen in Abb. vor [EDX-Analyse]

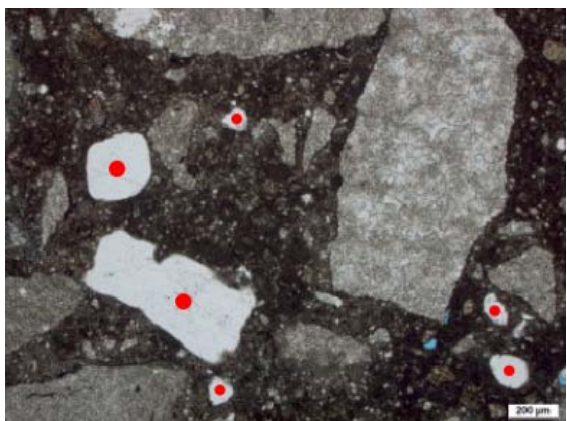


Abb. 334: PMu 15, Steinputz mit Dolomit-Splitt und silikatischen Zuschlägen (Punktmarkierung). [PolMi-Aufnahme, I Pol.]

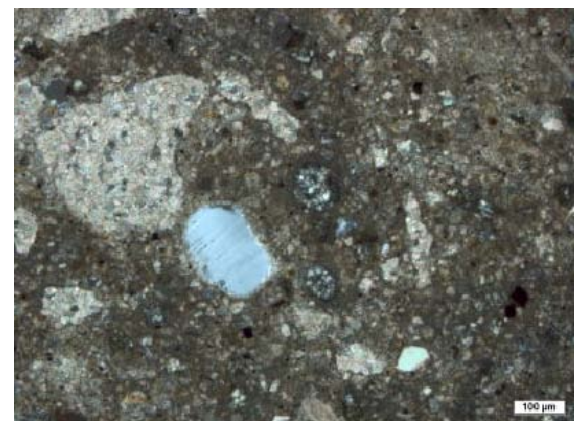


Abb. 335: PMu 15, Detail aus Abb. vor: Steinputz mit Dolomit-Splitt und silikatischen Zuschlägen, PZKlinkerkörnern und Pigmentkörnern. [PolMi-Aufnahme, + Pol.]

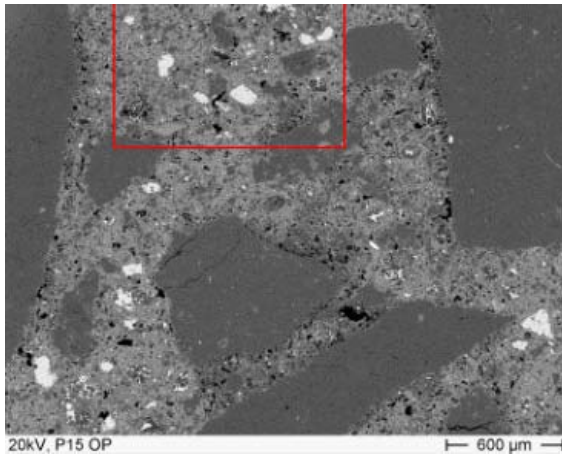


Abb. 336: PMu 15, Gefüge des Oberputzes mit Dolomitsplitt, PZ-Klinkerkörnern und belitreichen Körnern. [REM-RE-Aufnahme am DS]

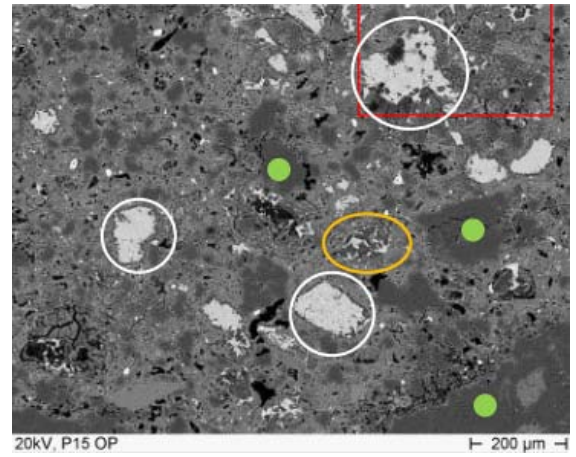


Abb. 337: PMu 15, Detail (Rahmen) aus Abb. vor: Gefüge des Oberputzes mit kleineren Dolomitsplittkörnern (dunkel, grüne Punkte), "normalen" PZ-Klinkerkörnern (gelbe Ellipse) und Belit-reichen PZ-Klinker-Körnern (weiße Kreise). [REM-RE-Aufnahme am DS]

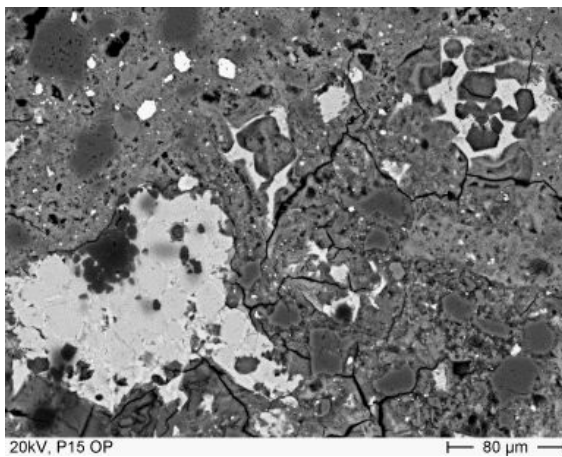


Abb. 338: PMu 15, Detail aus der rechten oberen Ecke in Abb. vor (roter Rahmen): "Normales" PZ-Klinkerkorn (rechte obere Bildecke) und belitreiches Korn (linke, untere Bildecke) [REM-RE-Aufnahme am DS]

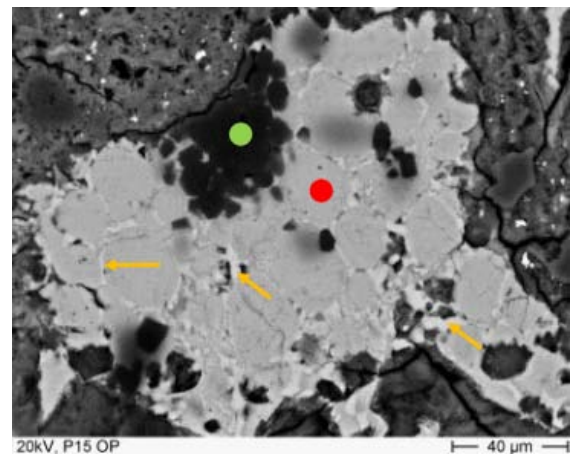


Abb. 339: PMu 15, Detail aus Abb. vor: belitreiches PZ-Klinkerkorn. Dunkle Phase: Mg-Verbindung (grüne Markierung); dominierende Phase: Belit (rote Markierung); helle Stege: CAF-Phase (Pfeile). [REM-RE-Aufnahme am DS]

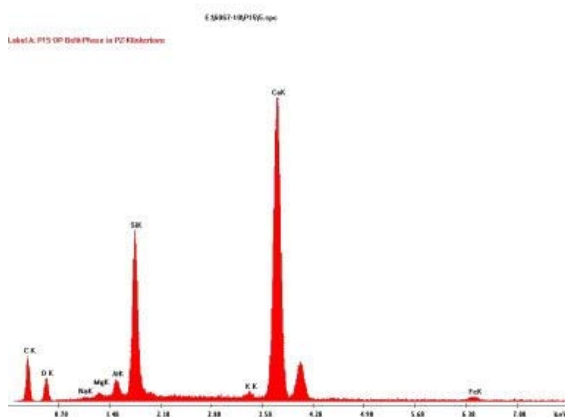


Abb. 340: PMu 15, EDX der Hauptphase im Klinkerkorn in Abb.45: Belit [EDX-Analyse]

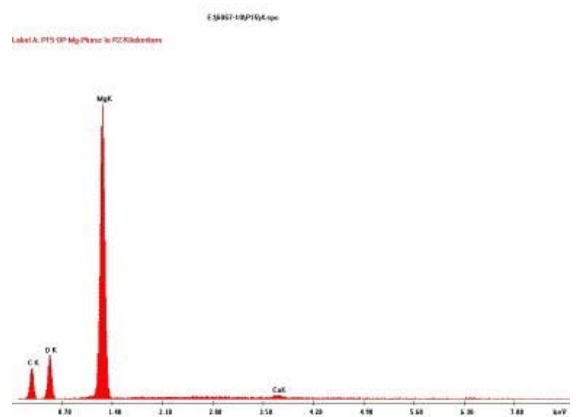


Abb. 341: PMu 15, EDX der dunklen Phase im Klinkerkorn in Abb. 45 (grüne Markierung): Mg-Verbindung (Brucit oder Hydromagnesit). [EDX-Analyse]

5.6 Zusammenfassung Untersuchungsergebnisse

5.6.1 Zusammenfassung Putzanalysen Edelputze

Probe	Analyse	Putz	Anteile in Gew.-%				Anteile in RT		Färbende Komponenten
			Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand	B/Z-Verh.	B/Z-Verh./ Urspr. BM-Gehalt	
Si 01	Laue	Weißer Edelputz	11	2	1 Gips	Ca. 86	1:6,1	1:8	-
Huf 01a	Bayer/Weber	Unterputz des roten Edelputzes							
	Ullrich		18,5	4,5		77	1:2,0		
	Laue		15	5	1 Gips	79	1:4	1:5,3	- (Unterputz)
Huf 01b	Bayer/Weber	Roter Edelputz	nur qualitativ						(vermutl. künstliches) Eisenoxidrot, Schwerspat
	Ullrich		n.B.	4,5	(Gips) 5 Pigment	79,5	1:3,3		Roter Ocker (Hämatit, α -Fe ₂ O ₃)
	Laue		8 Ma-%		4 Gips	83	1:5,3	1:7,5	Eisenoxidrot (Hämatit, Fe)
Huf 02	Bayer/Weber	Gelber Edelputz	nur qualitativ						Grünerdepigment in Mischung mit Gelbockerpigment
	Ullrich		n.B.		(Gips) 4 Pigment	80,5			Gelber Ocker / Goldocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid) mit Kaolinit, vermutl. natürliche Herkunft
	Laue		4	9	2 Gips	85	1:6	1:8	Eisenoxidgelb (Fe, Goethit)
Huf 03	Laue	Roter Edelputz	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.		Eisenoxidrot (Fe), weißes Baryt=Schwerspat (Ba) in hellroter Schicht; dunkle Schicht ohne Baryt	
Huf 04	Laue	Weißer Edelputz	17 (ther.analyt.)	n.B.	2 Gips (ther.analyt.)	n.B.		Calcit	
Huf 05	Laue	Weißer Edelputz	n.B.	n.B.	n.B.	n.B.		Calcit, Zinkweiß (Zn)	
Huf 06	Bayer/Weber	Blauer Edelputz	nur qualitativ						Ultramarin
	Ullrich		10,5	3	(Gips) 3 Pigment	83,5	1:3,3		Ultramarin (Eisen-Aluminium-Silikat) mit Schwefelanteilen
	Laue		8	5	4 Gips	83	1:5	1:7	Ultramarin (Si, Al, K)
Huf 22a	Ullrich	Unterputz (gelber Edelputz)	17,	3		79,5	1:2,3	- (Unterputz)	
Huf 23a	Ullrich	Unterputz (roter Edelputz)	17	3		80	1:2,3	- (Unterputz)	
Huf 22b	Ullrich	Gelber Edelputz	10	5,5	1 Gips 3 Pigment	80,5	1:3,3		gelber Ocker /Goldocker (Goethit, α -FeOOH) mit etwas Kaolinit
Huf 23b	Ullrich	Roter Edelputz	9	2	1 Gips 3 Pigment	81	1:3,3		roter Ocker (Hämatit, α -Fe ₂ O ₃), evtl. durch Erwärmen farbtintensiviert
LAb 01	Hirsch	Ockerfarbener Edelputz	9,7	4,8	Gips: 13,6 Pigment: ?	Ca. 69	n.B.		Gelber Ocker
LAb 02	Hirsch	Weißer Terrasit-Spritzbewurf	49,5	3,4	Gips: 20,4 Glimmer: ?	?	n.B.		Vermutl. Marmorsand

Tabelle 29: Zusammenfassung der Putzanalysen Edelputze – Teil 1

Probe	Analyse	Putz	Anteile in Gew.-%				Anteile in RT		Färbende Komponenten
			Kalkgehalt Bindemittel (CaCO ₃)	Hydraulischer Anteil (rechnerisch)	sonstiges	Sand	B/Z-Verh.	B/Z-Verh./ urspr. BM-Gehalt	
Amds 01	Hirsch	Unterputz	7,4	11	3,56 Pigment	81,6	n.B.		n.B.
Amds 02	Hirsch	Edelkratzputz, ockerfarben	15	8,2	3,5 Pigment	78,9	n.B.		n.B.
Amds 03	Hirsch	Edelputz, gelb-ockerfarben	9,7	4,9	2,5 Pigment	81,0	n.B.		n.B.
Budd 01-U	Ullrich	Gartenhaus Unterputz (Probe 1 Ullrich)	17	16	Gips?	67	1:1,5		- (Unterputz)
Budd 01-O	Ullrich	Gartenhaus Edelputz, ockerfarben (Probe 1 Ullrich)	24,5	12,7 Zement		63	1:0,5:1,6 (=1:1)		n.B.
Budd 02-U	Ullrich	Eingangstor rechts Unterputz (Probe 2 Ullrich)	22	7		71	1:1,7		- (Unterputz)
Budd 02-O	Ullrich	Eingangstor rechts Edelputz feinkörnig ockerfarben (Probe 2 Ullrich)	20	4,5	3,5 Pigment	72	1:1,8		Ocker (Eisenhydroxid)
Budd 03	Ullrich	Eingangstor links, Edelputz grobkörnig, ockerfarben (Probe 3 Ullrich)	12	2	3,5 Pigment	82,5	1:3,6		Goldocker (Eisenhydroxid)
Budd 05	Ullrich	Gartenhaus, Edelputz, ockerfarben (Probe 5 Ullrich - Bericht 2)	n.b.		4 Pigment	66	n.B.		n.B.
Budd 06	Ullrich	Gartenhaus, Edelputz, ockerfarben (Probe 6 Ullrich - Bericht 2)	20	5	4 Pigment	71	1:1,8		gelber Ocker (Goethit, α -Fe ₂ O ₃ *H ₂ O)
Lieb	Ullrich	Ocker-roséfarbener Edelkratzputz	13	7,6	2,5 Pigment	76,9	1:2,5		Gelber Ocker
Schön	Ullrich	Ockerfarbener Edelspritzputz	10	19,5	2 Gips 4,5 Pigment	66	1:1,7		Vermutl. gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid).
Wilm	Ullrich	Ockerfarbener Edelspritzputz	n.B. Menge zu gering		(Gips) 4 Pigment	43,9	1:1		Vermutl. gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid).

Tabelle 30: Zusammenfassung der Putzanalysen Edelputze– Teil 2

5.6.2 Zusammenfassung der durch Putzanalysen ermittelten Edelputzrezepte

Probe Nr.	Putz	Ermittelte Rezeptur
Huf 01a	Unterputz des roten Edelputzes (J.-N.-Str.)	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:2 1 RT gering hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,55 kg/dm ³ , Wasserkalk, entspr. einem heutigen NHL 2) 2 RT feinkörniger Sandzuschlag (0/1)
Huf 22a	Unterputz des gelben Edelputzes (O.-Br.-Str.)	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:2,3 1 RT gering hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,55 kg/dm ³ , Wasserkalk, entspr. einem heutigen NHL 2), 2,3 RT feinkörniger Sandzuschlag (0/1 mm) Sande der beiden Proben sind identisch, weichen aber leicht von Probe 01a ab.)
Huf 23a	Unterputz des roten Edelputzes (O.-Br.-Str.)	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:3,3 1 RT gering hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,55 kg/dm ³ , Wasserkalk, entspr. einem heutigen NHL 2) 3,3 RT eines Zuschlags aus feinkörnigem Sand (0/1 mm, identisch mit dem des Unterputzes) und grobkörnigem Sand (Ausfallkörnung 2/5mm)
Huf 01b	Edelputz rot (J.-N.-Str.)	3 bis 4 Gew.-% Pigmente Rot: Roter Ocker (Hämatit, Fe_2O_3) Blau: Ultramarin (Eisen-Aluminium-Silikat) mit Schwefelanteilen
Huf 06	Edelputz blau (O.-Br.-Str.)	Gelb: (Gelber Ocker / Goldocker (Goethit, $\alpha\text{-FeOOH}$, Eisenhydroxid) mit etwas Kaolinit (Tonmineral), was auf eine natürliche Herkunft schließen lässt. Die Gipsanteile stammen aus Vergipsung.
Huf 22b	Edelputz gelb (O.-Br.-Str.)	
Huf 23b	Roter Edelputz (O.-Br.-Str.)	
Budd01-U	Unterputz, hellgrau (fast weiß) /Probe 1, Unterputz, Ullrich	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:1,5 1 RT Kalkhydrat und evtl. Zement 1,5 RT feinkörniger Sand (0/6mm mit großen Anteilen im feinkörnigen Bereich) Weißer Anteil kann auch Gips enthalten, Zusammensetzung bei dieser Untersuchung nicht genau zu bestimmen.
Budd01-O	Oberputz zu Probe Budd 01, (ocker gestrichen?) / Probe 1, Oberputz, Ullrich	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:0,5:1,6 (Kalk : Zement: : Sand) 1 RT Weißkalkhydrat 0,5 RT Zement 1,6 RT feinkörniger Sand (0/6mm mit großen Anteilen im feinkörnigen Bereich), gleicher Sand wie beim Unterputz Budd 01! Bindemittel-Zuschlagverhältnis 1:1. Oberputz erheblich fester als Unterputz, dadurch Schäden.
Budd02-U	Unterputz, hellbräunlich, Eingangstor rechts	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:1,7 1 RT hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,7 kg/dm ³) 1,7 RT mittelkörniger Sand Bindemittelreich.
Budd02-O	Edelkratzputz, feinkörnig, Eingangstor rechts	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:1,8 1 RT schwächer hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,6 kg/dm ³) 1,8 RT grobkörniger grauer Sand Doppelt soviel Bindemittel wie der grobkörnige Edelputz Budd 05. Pigment: Ocker (Eisenhydroxid), möglicherweise Überfassung nach Abwitterung von Schicht mit Budd 05.
Budd 03	Edelkratzputz, grobkörnig, Eingangstor links	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:3,6 1 RT schwächer hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,6 kg/dm ³) 3,6 RT grob- und mittelkörniger Sand Bindemittelarm. Pigment: Goldocker (Eisenhydroxid)

Tabelle 31: Zusammenfassung der bei Putzanalysen ermittelten Edelputz-Rezepte – Teil 1

Probe Nr.	Putz	Ermittelte Rezeptur
Budd 06	Oberputz, ocker	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:1,8 1 RT hydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,6 kg/dm ³) 1,8 RT grobkörniger, grauer Sand mit hellem Dolomit und Feldspat-Gestein Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis ca. 1:2. Pigment: gelber Ocker (Goethit, α -Fe ₂ O ₃ *H ₂ O)
Lieb	Edelputz, ocker	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:2,5 1 RT hochhydraulisches Kalkhydrat (Schüttdichte 0,7 kg/dm ³) 2,5 RT grobkörniger, eigenfarbiger Rundkorn-Sand mit sichtbarem farbigem Korn. Pigment: gelber Ocker, der aufgrund der relativ geringen Zugabemenge ein eher rosafarbenes Gesamtbild ergibt.
Schön	Edelspritzputz, ocker	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: 1:3:7 (=ca. 1:1,7) 1 RT Weißkalkhydrat 3 RT hydraulisches Bindemittel (vermutlich Zement) 7 RT feinkörniger Sand (0/1 mm) und Glimmerplättchen (vermutlich Muscovit). Die Gipsanteile stammen aus der „Vergipsung“, d.h. der Umwandlung des Kalkes (Calciumcarbonat) in Gips (Calciumsulfat- Dihydrat) durch Schwefelbelastung aus der Luft (saurer Regen). Der Pigmentanteil liegt bei 4,5 Gew.%, sehr wahrscheinlich gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid).
Wilm	Edelspritzputz, ocker	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis: wahrscheinlich 1:1 Die Putzprobe ist hoch bindemittelhaltig, vermutlich Kalkhydrat und Zement, (vermutlich 1 RT Bindemittel, 1 RT Zuschlag). Die Gipsanteile stammen aus der „Vergipsung“, d.h. der Umwandlung des Kalkes (Calciumcarbonat) in Gips (Calciumsulfat- Dihydrat) durch Schwefelbelastung aus der Luft. Der Pigmentanteil liegt bei 4 Gew.%, sehr wahrscheinlich gelber Ocker (Goethit, α -FeOOH, Eisenhydroxid). Der Sand ist relativ körnig, d.h. die größten Anteile liegen zwischen 0,2 und 2 mm, was für einen Spritzputz eine höhere Kornfraktion bedeutet.

Tabelle 32: Zusammenfassung der bei Putzanalysen ermittelten Edelputz-Rezepte – Teil 2

5.6.2.1 Auswertung

Unterputze:

Im augenscheinlichen Vergleich schien der Unterputz der untersuchten Edelputzfassaden oft zu mager, um einen stabilen Untergrund für die hydraulischen Oberputze zu bieten. Die Putzanalysen bestätigten jedoch nur, dass es sich bei den Unterputzen entgegen den Empfehlungen für die Ausführung von Edelputzen wohl nicht um verlängerte Zementmörtel handelte. Die Putzprobe Huf 01a wies zwar unter dem Polarisationsmikroskop einige Zementklinker auf, jedoch konnte wie in den Proben Huf 22a und 23a lediglich gering hydraulisches Kalkhydrat nachgewiesen werden.

Spritzputze:

Die Spritzputze besitzen relativ hohe Bindemittelanteile. Bei Beachtung der sehr geringen Auftragsstärke und der aufgrund der Anwurftechnik fehlenden weiteren Verdichtung der Oberfläche, erscheint dies auch sinnvoll. In beiden Spritzputzen (Schön 01 und Wilm 01) konnte Zement nachgewiesen werden, der jedoch bei der Nachstellung durch natürlich hydraulischen Kalk ersetzt wurde. Der hohe Bindemittelanteil im Edelspritzputz am Wohnhaus Wilhelmshorst erklärt den noch guten Erhaltungszustand der Putzflächen.

Madenputze:

Die untersuchten Madenputze (Münchner Rauputz) weisen im Allgemeinen im Vergleich zu den Spritzputzen einen eher geringen Bindemittelanteil auf. Dies erklärt die Abwitterungserscheinungen inklusiver der oft freigelegten Körnungen. Das ermittelte Verhältnis 1:3,3 liegt jedoch im normalen Bereich der in der Literatur empfohlenen Rezepturen für Putzmörtel. Die Unterputze weisen dabei oft die gleiche Sieblinie auf, wobei den Oberputzen die charakteristische grobe Quarzkörnung zugegeben wurde. Ein Beispiel hierfür sind die Putze Huf 22a und b sowie Huf 23a und b (Onkel-Bräsig-Str. 139 und 141). Diese weisen trotz unterschiedlicher Farbtöne (Gelb und Rot) Sande mit der gleichen Sieblinie auf. Die Sieblinie der Putzproben Huf 01a und b (Jochen-Nüßler-Str. 19) sind jenen sehr ähnlich, aber nicht identisch. Auch ist die Putzprobe Huf 01 b etwas bindemittelreicher (1:2 im Vergleich zu 1:2,3). Bauabschnittsweise sind also leichte Unterschiede festzustellen. Ob es sich dabei um Baustellenmischungen gehandelt hatte oder aber nur um zwei verschiedene Chargen aus dem Putzwerk, kann dabei nicht mit Sicherheit gesagt werden. Die in der gesamten Siedlung immer wiederkehrenden Farben und die noch einigermaßen gut vorhandenen Farbtiefe sowie die fast identischen Bindemittel-Zuschlag-Verhältnissen lassen jedoch Werk trockenmörtel oder zumindest sehr genau vorgegebene Rezepturen vermuten.³⁹²

Kratzputze:

Der untersuchte Kratzputz der Liebermann-Villa hat ein im Vergleich zum Schleppputz am Buddhistischen einen eher geringen Bindemittelanteil. Das Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis liegt bei 1:2,5 im Vergleich zu 1:1,7 bis 1:2 und wurde unter Verwendung von hochhydraulischem Kalkhydrat hergestellt, während am Buddhistischen Haus schwächer hydraulisches Kalkhydrat verwendet wurde. Dies könnte den guten Erhaltungszustand des Putzes an der Liebermann-Villa erklären, jedoch spielen noch weitere Faktoren (z.B. der Unterputz sowie Lage des Hauses zum Wetter) eine Rolle, welche jedoch nicht näher untersucht wurden.

Auch der Kratzputz am Wohnhaus Potsdam, Amundsenstraße, ist recht gut erhalten.

Beide Putze sind, wie bei Kratzputzen üblich, in relativ großen Schichtstärken hergestellt. Leichte Abwitterungen fallen deshalb weniger ins Gewicht als bei den sehr dünn-schichtig ausgeführten Spritzputzen.

Ob es sich um konfektionierte Werk trockenmörtel handelte, kann nicht bestimmt werden. Kratzputze waren jedoch die am meisten verkauften Putze der Trockenmörtelindustrie.

5.6.3 Zusammenfassung Putzanalysen Steinputze und Betonwerkstein

Steinputze enthalten häufig calcitische Zuschläge, wodurch eine nasschemische Analyse mit quantitativen Ergebnissen nicht möglich ist. Auch die vorgefundenen Steinputze hatten Zuschläge aus Kalkstein, so dass folglich keine quantitative Analyse erfolgte. Polarisationsmikroskopisch können jedoch Gesteinsarten und auch Korngrößen und -formen sowie spezielle Zuschläge und meist das Bindemittel ermittelt werden.

Grundlage der Modifizierung von Nachstellungsmörteln für Steinputze sind deshalb neben der Wahl des passenden Bindemittels die Beschaffung der passenden Zuschlagstoffe, welche mithilfe von mikro- und makroskopischen Aufnahmen ermittelt werden können. Zur Verdeutlichung der Eigenschaften der Kornzuschläge erscheint zudem das Anschleifen der Proben sinnvoll.

Zur Ermittlung quantitativer Größen wie ein ungefähres Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis, bleibt bei calcitischen Zuschlagstoffen nur das manuelle Auszählen der Körner im Verhältnis zur Bindemittelmatrix.

³⁹² Eine Recherche in den Bauakten – sofern noch vorhanden – könnte hierüber evtl. Aufschluss geben, wurde in diesem Rahmen jedoch nicht durchgeführt.

6 Versuchsreihen zu Oberflächenreinigung, Hinterfüllung und Nachstellung

6.1 Konservatorisch-restauratorische Anforderungen

Edelputze sind durch ihre schwach hydraulische Einstellung vergleichsweise beständig gegen Witterungseinflüsse, doch sind auch hier die bekannten sowie einige spezielle Schadensphänomene zu beobachten. Putz und Farbe werden im Allgemeinen als austauschbare Verschleißschichten eines Gebäudes angesehen. Putze werden oftmals überfasst oder überputzt, um Altersspuren und auch Zeichen baulicher Veränderung verschwinden zu lassen – und damit auch die authentische, kristalline Oberfläche des Putzes. Häufig werden Putze auch komplett abgeschlagen und durch „modernere“, kunststoffvergütete Systeme im Zusammenhang mit einem Wärmedämmverbundsystem ersetzt. So verständlich diese Vorgehensweisen auch sein mögen – insbesondere da die Reparatur eines durchgefärbten Edelputzes relativ aufwendig erscheint und im Ergebnis keine vollkommen einheitliche Oberfläche garantiert werden kann - ist es unerlässlich, an die historische und baukünstlerische Bedeutung eines Gebäudes zu erinnern, zu der auch die Spuren materialbedingter Alterung und gestalterischer Veränderungen gehören.

Bereits 2003 gibt **T. Danzl** in einem inhaltlich sehr umfassenden Artikel „Kunstputz (Edelputz) - Kunststein (Betonwerkstein) - Kunststeinputz (Betonwerkstein)“³⁹³ einen umfassenden Überblick über die Entwicklung des Umgangs mit materialfarbigen Architekturoberflächen in der praktischen Denkmalpflege. Die Frage nach dem konservatorischen bzw. restauratorischen Umgang mit materialfarbigen Putzen des 19. / 20. Jahrhunderts ist, wie generell der Umgang mit gealterten historischen Architekturoberflächen ein relativ junges Aufgabenfeld der Denkmalpflege und stand in den letzten 25 Jahren selten im Mittelpunkt konservatorischer bzw. restauratorischer Überlegungen, wenn überhaupt dann überwiegend im Zusammenhang mit Rekonstruktion. Lediglich die Umsetzbarkeit von Farbkonzepten oder die Dauerhaftigkeit der Putzsysteme gemäß heutiger Normen standen schon häufiger zur Diskussion bei der Realisierung von durch die Denkmalpflege betreuten Architekturprojekten. Eine der häufigsten Maßnahmen bestand bisher in dem Anbringen von Plastik- bzw. Metallgittern (bei Steinputz) auf dem Altbestand, um darauf eine silikatisch oder dispersiv gebundene Dünnputzschicht mit einer maximalen Kornstärke von 1-2 mm aufzuspachteln, zu spritzen oder zu streichen. Positiv zu sehen ist bei diesem Verfahren die mögliche Reversibilität der Armierungen.³⁹⁴

Da Edelputze häufig in der relativ lange Standzeiten aufweisenden Kratzputztechnik ausgeführt worden sind, weist auch T. Danzl bereits auf die Möglichkeit zur Reinigung und teilkonservatorische Maßnahmen zum Erhalt des Bestandes an materialfarbigen Putzsystemen hin. In diesem Zusammenhang verweist er auf Reinigungsverfahren im Niederdruckbereich mittels Wirbelstrahl- oder Wasserdampftechnik, also leicht abrasive Techniken, z.B. mit Quarz- oder Marmormehl bzw. Wish-up®-Granulat oder auf eine nasschemische Reinigung mittels Hirschhornsalz. Der Aufwand bei einer solchen materialsichtigen „Reparatur“ wäre im Vergleich zur vollständigen Überarbeitung mit modernen Materialien sogar geringer oder zumindest gleichwertig. Des Weiteren bliebe der besondere Charakter der Edelputzoberfläche vollständig erhalten. Als weitere Alternative zur häufig angewendeten Überputzung oder Überfassung mittels Anstrichen auf Dispersionssilikat- bzw. Reinsilikatbasis, falls die o.g. aufgrund des schlechten Zustandes des Bestandputzes nicht in Frage kämen, nennt T. Danzl die mögliche Überarbeitung des Alt-Putzes mittels mineralischer, „[...] zur Not auch leicht dispersiv vergütete[r], aber vorzugsweise materialfarbige[r] Feinputze [...]“³⁹⁵, die entsprechend der historischen Bearbeitungstechnik ausgeführt werden sollen. In diesem Falle bliebe nicht nur die ursprüngliche Oberflächenstruktur nachvollziehbar,

³⁹³ Danzl, Thomas: Kunstputz (Edelputz) - Kunststein (Betonwerkstein) - Kunststeinputz (Steinputz).“ Die Bedeutung und Erhaltungsproblematik materialfarbiger Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts, in: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.), Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe, 2003, S. 146-159.

³⁹⁴ Vgl. ebd., S. 155.

³⁹⁵ DANZL (2003), S. 155.

sondern es käme auch die charakteristische Materialität eines Edelputzes zur Geltung, wie z.B. Glimmer und farbige Zuschläge. Zudem wäre der Alt-Bestand nicht vollständig vernichtet.

T. Danzl schlägt zudem vor, Erfahrungen zu Erhaltungsstrategien von historischen Kalkputzen konsequent für den Umgang mit „modernen“ Architekturoberflächen weiterzuentwickeln. Dabei ist die Rede vom Minimaleingriff in Form von einer „Pinselreparatur“ bis hin zur Überputzung, anstrichtechnischen Überarbeitung und vollständigen Neuverputzung. Des Weiteren sollten die teilweise ausführlichen Auseinandersetzungen mit den materialtechnischen Besonderheiten der Werkstoffgruppe der farbigen Trockenmörtel einbezogen werden, die auch über den nicht deutschsprachigen Raum hinaus gingen.

Zum Abschluss werden Empfehlungen für den konservatorisch-restauratorischen Umgang mit materialfarbigen Putzen gegeben. Diese reichen von konservatorischen Maßnahmen wie der Festigung und Reinigung des Bestandsputzes über restauratorische Eingriffe in Form von einer materialidentischen Ergänzung der Fehlstellen bis hin zur lasierenden Überfassung in Reinkalk- oder Reinsilikattechnik. Im Falle eines nicht haltbaren Putzes bzw. bei dessen Totalverlust nennt T. Danzl die materialidentische Überputzung bzw. die Rekonstruktion, je nach Möglichkeit mit oder ohne Belassung von Alt-Bestand „in situ“. Die Überarbeitung des Bestandes mit Armierungsgeweben und dispersiv oder silikatisch gebundenen Spachtel- bzw. Feinputzmassen sieht er als letzte Instanz im Falle eines sonstigen Totalverlustes des Alt-Putzes an.³⁹⁶

6.2 Oberflächenreinigung - Überblick zur Gruppe der Partikelstrahlverfahren

Bei allen Partikelstrahlverfahren wird ein Strahlmittel mittels Druckluft auf Grundlage einer Schlauch-Düsen-Vorrichtung auf die zu bearbeitende Oberfläche geblasen. Strahlmittel, Düse sowie Druck stellen abhängig vom verwendeten Gerät variable Größen dar. Die gängigen Düsenöffnungen bewegen sich zwischen 3 und 14 mm im Durchmesser. Die Gerätehersteller bieten Verfahren in Niederdruckbereichen von 0,1 bis 12 bar an. Einige Geräte können über einen Wasseranschluss zusätzlich im Feucht- bzw. Nass-Strahlverfahren angewendet werden.

Aufgrund der Variablen Strahlmittel, Druck, Düse, Trocken-, Feucht- oder Nassstrahlverfahren kann eine Oberfläche verschieden stark bearbeitet werden. Abhängig von weiteren gegebenen Faktoren, wie Art der Verschmutzung, Oberflächenbeschaffenheit und Materialität des Objektes ist vom regelrechten Absprengen einer Oberflächenschicht, dem Aufrauen von Metall, Stein, etc. über die Entfernung von krustenartigen Verschmutzungen bis hin zur sanften Beseitigung von Staubablagerungen auf Malereien alles möglich.

Im Folgenden werden die gängigsten Partikelstrahlverfahren im Niederdruckbereich beschrieben. Zu unterscheiden sind innerhalb des Druckluft-Verfahrens zwei Strahltechniken, das Injektorstrahlverfahren und das Druckstrahlverfahren. Weiter gibt es aber auch gesonderte Strahltechniken, die z.B. mit Vakuum oder Trockeneis arbeiten.

Die Benennung der unterschiedlichen Verfahren auf dem Markt erfolgt sehr beliebig nach den technischen Merkmalen des Gerätes (z.B. Mikrofeinsandstrahlgerät), nach der Verwendung eines bestimmten Strahlmittels (z.B. Trockeneisstrahlverfahren) oder auch nach dem Hersteller (JOS®-Verfahren). Dieser Umstand kann zur Verwirrung des Anwenders führen, der sich einer Fülle von Gerätschaften mit den unterschiedlichsten Produktnamen gegenüber gestellt sieht. Die meisten dieser Geräte unterscheiden sich jedoch nicht sehr grundlegend voneinander. Die wichtigsten Unterschiede liegen in der Art der Gerätetechnik (z.B. Druckstrahl-, Injektorstrahl-, Vakuumstrahlgerät), der Art der Düsen und des Strahlguts, den möglichen Druckbereichen, ob es sich um ein Verfahren mit trockener, feuchter oder nasser Anwendung handelt und in der Kombinier- und Austauschbarkeit der einzelnen Variablen.

³⁹⁶ Vgl. ebd.

6.2.1 Injektorstrahlverfahren

Das Injektorstrahlverfahren basiert auf dem Druckumkehrprinzip.³⁹⁷ Eine Strahlpistole wird durch zwei getrennte Schläuche (je 5 m) an einen Baustellenkompressor (1000-3000 l/min) zur Erzeugung eines Luftstromes sowie an einen Strahlgut enthaltenen Vorratsbehälter angeschlossen. Bei Arbeiten mit feinen Strahlmitteln wird empfohlen, einen Wasserabscheider zwischen Kompressor und Luftschlauch zu schließen. Zum Schutz vor Staubbelastung des Arbeiters kann an den Luftschlauch über ein Verbindungsteil zusätzlich ein Aktivkohlefiltersystem und ein Sandstrahlhelm angeschlossen werden. Die Maschine in kleinerer Ausführung dient für kleine, diffizile Flächen. Diese kann mit einem Werkstattkompressor (320-400 l/min) betrieben werden.³⁹⁸



Abb. 342: Düse für große Flächen



Abb. 343: Düse für kleine Flächen



Abb. 344: Sandstrahlfass 30 l



Abb. 345: Graffiti-Entfernung

Durch den mit Kompressor erzeugten Luftstrom in der Pistole wird ein Unterdruck im Strahlmittelschlauch erzeugt, wodurch das Strahlgut aus einem Sandstrahlfass (30 l) oder über einen Saugrüssel direkt aus dem Eimer zur Pistole gesaugt wird. Erst in der Pistole gelangt das Strahlmittel in den Luftstrom, wird durch diesen beschleunigt und mit variablen Drücken zwischen unter 1 bis 8 bar auf die zu bearbeitende Oberfläche geschossen.³⁹⁹ Der Strahlendruck ist an der Pistole stufenlos einstellbar. Die Strahlmittelmenge wird am Ansaugstutzen oder am Strahlmittelbehälter reguliert. Die Düsen unterscheiden sich in Durchmesser (2,5-10 mm) und Material (z.B. gehärtete Stahldüse, Borcarbidstrahldüse), jedoch nicht in ihrer Strahltechnik. Der Strahl trifft direkt und linear auf die Oberfläche. Das Verfahren kann als Sonderform auch in schonenderer Feuchtstrahl Ausführung durchgeführt werden.⁴⁰⁰

Im Vergleich zum Druckstrahlverfahren wird beim Injektorstrahlverfahren einerseits eine geringere Strahlmittelmenge verbraucht, das Gerät ist leichter im Aufbau, Platz sparender und startet ohne Zeitverzögerung, da im Strahlmittelbehälter kein Druckaufbau nötig ist. Andererseits ist dieses Verfahren eher für kleinere bis mittelgroße Flächen geeignet, da es eine geringere Flächenleistung erzielt. Das Verfahren wird zum Reinigen von Gesteinsoberflächen zum Entrosten oder zur Farbentfernung von Metallen und auch zum Mattieren von Glas eingesetzt.



Abb. 346: Überblick über Technik des Injektorstrahlverfahrens



Abb. 347: Kessel 24l, Wasserabscheider, Aktivkohlefilter

³⁹⁷ Vgl. <http://www.theodor-meyer.com/strahlen.htm>, letzter Zugriff: 02.10.12, 19:50 Uhr.

³⁹⁸ Vgl. Sperling Reinigungstechnik GmbH (2010), S. 4.

³⁹⁹ Vgl. <http://www.theodor-meyer.com/strahlen.htm>, letzter Zugriff: 02.10.12, 19:50 Uhr.

⁴⁰⁰ Vgl. <http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren>, letzter Zugriff: 04.10.12.

6.2.2 Druckstrahlverfahren

Beim Druckstrahlverfahren befindet sich das Strahlmittel in einem fest verschlossenen Kessel (24-200l), der über einen Schlauch mit einem Baustellenkompressor verbunden ist und dadurch unter Druck gesetzt wird. Über ein Dosierventil wird das Strahlgut in einen zweiten Schlauch (bis 20 m) gepresst, von der durchströmenden Druckluft mitgerissen, zur Düse transportiert und mit hoher Geschwindigkeit hinaus befördert. Der Strahl Druck (< 1-12 bar) und die Strahlgutmenge können am Kessel eingestellt werden. Zwischen Baustellenkompressor und Kessel muss ein Lufterkühler mit Wasserabscheider geschaltet werden. Dieser kühlt die Kompressor-Luft, um die Bildung von Kondenswasser zu verringern und Feuchtigkeit im Strahlkessel zu vermeiden.

Die Strahldüsen unterscheiden sich hinsichtlich Form, Düsengröße (3-14 mm) und Material (Borcarbid, Siliziumcarbid). Diese wirken sich auf das Strahlbild und die Standzeit der Düse aus.⁴⁰¹ Bei den Standard-Strahldüsen (sog. Venturi-Rundstrahldüse) treffen die Strahlgutpartikel linear, als verdichteter konischer Strahl direkt auf die Oberfläche auf (s. Abb. 348, o.). Die Venturi-Rundstrahldüse kann mit wenigen Handgriffen in eine Flachstrahldüse (s. Abb. 348, u.) oder in eine Wirbelstrahldüse (s. Abb. 349) umgewandelt werden. Mit der ersteren kann eine besonders hohe Flächenleistung erreicht werden, da die Flachstrahldüse einen sehr flachen, aber breiten Strahl (15-30 cm) erzeugt. Die Wirbelstrahldüse wird von mehreren Herstellern als besonders schonend beschrieben. Diese leitet das Strahlgut nicht frontal auf die Oberfläche, sondern erzeugt durch in der Düse befindliche Lamellen (Rotationskörper) einen rotierenden, konischen Druckluftstrom, in dem die Partikel des Strahlmittels fein verteilt vorliegen (s. Abb. 350). Letztere treffen auf diese Weise nicht frontal, sondern in einem flachen Winkel auf die Oberfläche auf und erzeugen somit einen eher radierenden, fein schleifenden, Substanz schonenderen Reinigungseffekt.⁴⁰² Gleichzeitig wird der Strahl auch auf Oberflächenbereiche gelenkt, die bei einem frontalen Aufprall unbearbeitet bleiben würden.

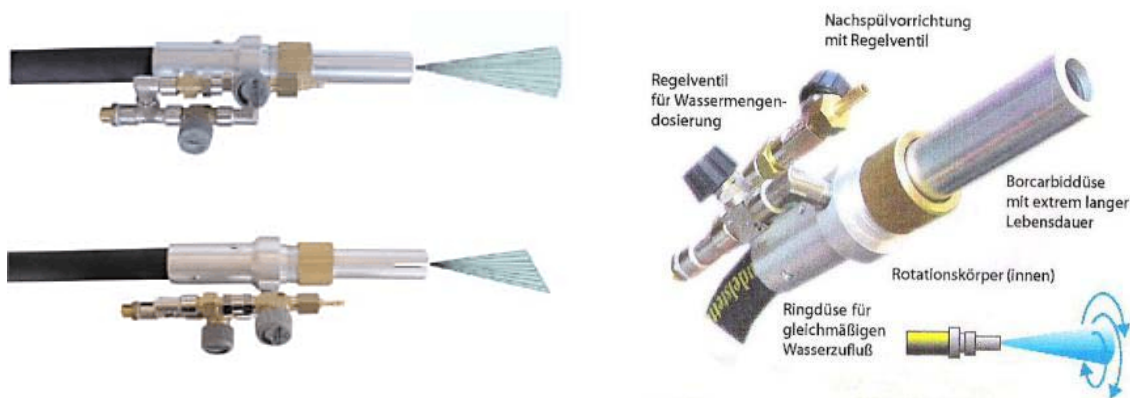


Abb. 348: o.: Venturi-Rundstrahldüse; u.: Flachstrahldüse

Abb. 349: Wirbelstrahlkopf mit Ringdüse für Wasseranschluss

Hersteller wie JOS⁴⁰³, Rotec⁴⁰⁴ und RotoSoft⁴⁰⁵ werben mit ihren patentierten speziellen Wirbelstrahltechniken und distanzieren sich von anderen Wirbelstrahl-Verfahren, die oft kostengünstiger vertrieben werden. Explizite technische Unterschiede werden jedoch nicht genannt. Die Düsen unterscheiden sich augenscheinlich nur in Farbe, Form, Material und in der Austauschbarkeit von verschleißenden Einzelteilen zu den Strahlköpfen anderer Hersteller. So sind z.B. die JOS⁴⁰³-Düsen (s. Abb.

⁴⁰¹ Vgl. <http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren>, letzter Zugriff: 04.10.12.

⁴⁰² Vgl. <http://www.radler-ruf.de/index.php/de/zubehoer/strahlduesen/181-wirbelstrahlkopf>, letzter Zugriff: 04.10.12.

⁴⁰³ s. <http://www.jos-reinigung-nord.de/>, letzter Zugriff: 04.10.12.

⁴⁰⁴ s. http://www.lux-strahltechnik.de/sandstrahlen_wirbelstrahlen.php, letzter Zugriff: 04.10.12.

⁴⁰⁵ s. <http://www.weisenburger-gmbh.de/>, letzter Zugriff: 04.10.12.

351) kompakt. Sie können nicht zur Standard-Düse oder Flachstrahldüse umgebaut werden und auch Einzelteile sind nicht austauschbar. Um frühzeitigen Verschleiß zu vermeiden, wird zudem empfohlen, die JOS[®]-Düse im Feuchtstrahlverfahren zu verwenden. Je nach Düsengröße (\varnothing 3-13 mm) wird eine Wassermenge zwischen 80-180 l/h benötigt.⁴⁰⁶

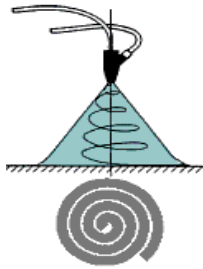


Abb. 350: Schema Wirbelstrahl



Abb. 351: JOS Düse Standard 9 mm

Auch die Standard-, Flachstrahl- und Wirbelstrahldüsen können durch das Zwischenschalten einer Ringdüse an einen Wasseranschluss angeschlossen werden und im Feuchtstrahlverfahren laufen. Dieses wirkt schonender auf die Oberfläche, bindet gleichzeitig den aufkommenden Staub und sorgt somit für eine relativ geringe Staubbelastung am Arbeitsplatz. In einem zweiten Arbeitsschritt kann die Fläche sofort vorsichtig mit klarem Wasser nachgespült werden. Je nach Hersteller und Anwender liegt der durchschnittliche Wasserverbrauch zwischen 30-80 l/h. Wird dem Luft-Strahlgutgemisch gerade so viel Wasser zugeführt, dass lediglich ein feiner Nebel entsteht, spricht man auch vom Nebelstrahlverfahren. Da der Wasserverbrauch bei diesem Verfahren nur bei 5-10 l/h liegt, wird das Objekt relativ gering durch die Feuchtigkeit beansprucht.

Das Druckstrahlverfahren zeichnet sich durch eine hohe und gleichmäßige Flächenleistung aus. Es ist für den jeweiligen gewünschten Reinigungseffekt durch die Variation an möglichen Strahlköpfen im Trocken-, Feucht-, oder Nebelstrahlverfahren sehr modifizierbar. Durch die aufwendige technische Ausführung ist dieses Verfahren jedoch kostenintensiver als das Injektorstrahlverfahren.

Das Druckstrahlverfahren wird für die Fassaden- und Steinreinigung, Graffiti-Entfernung und bei Holzstrahlarbeiten eingesetzt.

6.2.3 Trockeneis- und Schneestahlverfahren

Das Trockeneisstrahlverfahren⁴⁰⁷ (s. Abb. 352) gehört zu den Druckstrahlssystemen. Hier kommt festes Kohlenstoffdioxid mit Temperaturen bei $-78,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, in Form von sog. Trockeneis-Pellets (3-8 mm Länge, Härte nach Mohs: 2), als besonderes Strahlgut zum Einsatz. Im Gegensatz zu anderen Strahlgütern geht das Trockeneis bei Umgebungsdruck sofort in den gasförmigen Zustand über – es sublimiert. Die Strahlgutpartikel werden auch hier mittels Druck (2-10 bar) aus einem Tank (18 kg) zur Strahlpistole befördert und auf die Oberfläche geschleudert. Die getroffene Oberfläche wird dadurch lokal unterkühlt und versprödet. Die Trockeneispartikel sublimieren und vergrößern im gasförmigen Zustand schlagartig ihr Volumen um das 700-1000fache, wodurch sie die zu entfernende Schicht mitreißen.

Das Schneestahlverfahren basiert auf demselben Prinzip. Als Strahlmittel wird statt dem Trockeneis feinkörniger CO_2 -Schnee eingesetzt, der direkt vor Ort produziert wird. Flüssiges CO_2 wird aus Tauchrohrflaschen oder CO_2 -Niederdrucktanks durch einen Schlauch geführt und in der Pistole auf den Druckluftstrahl treffend zu einem Schnee-Gas-Gemisch auf Umgebungsdruck entspannt. Der

⁴⁰⁶ Vgl. <http://www.jos-reinigung-nord.de/pages/medien/broschueren.php>, letzter Zugriff: 04.10.12.

⁴⁰⁷ Vgl. http://www.buse-gastek.com/fileadmin/user_upload/BUSE_JET_TROCKENEISSTRAHLEN.pdf?gclid=CPa7uZ2P97ICFdG6zAod6FUA_g, letzter Zugriff: 10.10.12.

Druckluftstrahl beschleunigt und bündelt den Strahl. Der austretende Trockenschnee weist eine geringere kinetische Energie auf, ist weicher und wirkt somit weniger abrasiv als Trockeneis.⁴⁰⁸

Der bedeutendste Vorteil der Trockeneis- und Schneestrahlfverfahren liegt in der vollkommenen Auflösung des Strahlgutes, wodurch die Entsorgung entfällt und keinerlei Rückstände auf der bearbeiteten Oberfläche verbleiben. Der große Nachteil beim Trockeneis besteht darin, dass es nur über einen relativ kurzen Zeitraum (3-5 Tage) in speziellen Behältern gelagert werden kann. Es muss demnach stets vor Gebrauch hergestellt und antransportiert werden, wodurch es kostenintensiv wird. Bei Kontakt mit der Haut kann es unter Umständen zu Kälteverbrennungen kommen. Deshalb sollten bei der Verwendung von Trockeneis bzw. -schnee Handschuhe und Schutzbrille getragen werden.⁴⁰⁹

Das Trockeneisstrahlverfahren wird zur Entfernung von Farbanstrichen und Graffiti, zur Ablösung von Gummi, Fett, Öl, Wachs, Silikon, bituminösen Beschichtungen, Trennmitteln, Bindemitteln, Klebstoffen und zur Beseitigung von Haftwurzeln von Efeu und wildem Wein eingesetzt. Aufgrund der geringen Abrasivität des Trockenschnees kann es auch für die Behandlung von empfindlicheren, feinstrukturierteren Bauteilen angewendet werden, erzielt aber eine geringere Flächenleistung als das Trockeneisstrahlverfahren.



Abb. 352: Trockeisstrahlgerät



Abb. 353: Trockeneis-Pellets 3 mm



Abb. 354: CO2-Schneestrahlen

6.2.4 Mikrofeinsandstrahl-Gerät

Unter Mikrofeinsandstrahlen versteht man im Allgemeinen das Sandstrahlen mit einer speziellen Anlage unter der Verwendung von sehr feinen Strahlmitteln (0,01-0,25 mm) und sehr geringen Drücken. Mikrofeinsandstrahl-Geräte gibt es als Druckstrahl- und auch als Injektorstrahlanlagen (s. Abb. 355, Abb. 356).⁴¹⁰ Die Geräte sind je nach Hersteller relativ klein, leicht (ab 3 kg), somit gut transportabel, handlich und einfach in der Bedienung. Für den Betrieb benötigen sie lediglich eine Luftzufuhr von 120-140 l/h, die ein Werkstattkompressor leistet. Die Druckstärke kann zwischen 0,1 und 7 bar variiert werden.⁴¹¹ Die Reinigung erfolgt mit sehr feinen Düsen, die den Partikelstrahl ohne Wirbelbildung direkt auf die Oberfläche lenkt. Diese Anlagen bieten nicht die Möglichkeit der Feuchtreinigung.



Abb. 355: Mikro-Druckstrahlgerät



Abb. 356: Mikro-Injektorstrahlgerät

⁴⁰⁸ Vgl. <http://www.strahlverfahren.de/de/schneestrahlen/technologie.html>, letzter Zugriff: 14.10.12.

⁴⁰⁹ Vgl. <http://www.trockeneis.net/>, letzter Zugriff: 13.10.12.

⁴¹⁰ Vgl. <http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren#6>, letzter Zugriff: 06.10.12.

⁴¹¹ Vgl. <http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/technik/sandstrahltechnik/mikrostrahlanlage>, letzter Zugriff: 06.10.12.

Dieses Miniatur-Partikelstrahlverfahren ist für die Reinigung von Stein-, Putz- und sogar Fassungsflächen im kleinen Umfang geeignet. Die feinen Düsen ermöglichen auch die Reinigung von filigranen Zierteilen oder figuralen Objekten. Von einer großflächigen Reinigung ist hierbei jedoch abzuraten, da sie aufgrund des kleinen Partikelstrahls und des kleinen Kesselvolumens zu zeitaufwendig, kostenintensiv und ein einheitliches Reinigungsergebnis nur schwer zu erreichen wäre.

6.2.5 Torbo-Feuchtstrahlssystem

Das Torbo-Feuchtstrahlssystem wurde von der Firma Engineering Keizers GmbH (seit 1984) entwickelt.⁴¹² Es handelt sich, um ein Feuchtstrahlverfahren, bei dem das Strahlgut bereits im Kessel (60-200 l) mit Wasser gemischt wird (80% Wasser, 20% Strahlgut). Das Wasser-Strahlmittel-Gemisch wird dann in einem Schaltschrank mittels Druckluft (1400-5000 l/h) beschleunigt und durch einen Schlauch (bis 250 m) mit einer Düse auf die Oberfläche befördert. Da kein Wasserschlauch an der Düse hängt, wird die Führung dieser erleichtert. Es existiert für schonenderes Arbeiten auch hier ein sog. Wirbelvorsatz, der mittels zusätzlich zugeführter Luft den austretenden Strahl verwirbelt und somit für ein gleichmäßigeres, im Vergleich zur Standard-Düse weniger punktuell-strahlbild sorgen soll (s. Abb. 357, Abb. 358).⁴¹³ Der Druck ist ab 0,1 bar stufenlos einstellbar. Die Wasser- und Strahlgutmenge können unabhängig voneinander reguliert werden. Die einsetzbaren möglichen Strahlmittel sind vielfältig. Es muss jedoch schwerer als Wasser sein und darf nicht verkleben. Dazu zählen zum Beispiel herkömmliche Strahlschlacke, Steingranulate, aber auch Strahlmittel auf Glas-, Kalk- oder Soda-Basis. Das Strahlgut kann auch mehrfach genutzt werden. Das Wasser vermindert nicht nur den Schlauch- und Düsenverschleiß, sondern reduziert auch die Staubentwicklung auf bis zu 95 % gegenüber dem Trockensandstrahlen, so dass keine oder nur eine geringe Einhausung notwendig ist. Der Wasserverbrauch liegt extrem niedrig bei 3,6-36 l/h.⁴¹⁴

Im Vergleich zu anderen Druckstrahl-Verfahren soll der Strahlmittelverbrauch um bis zu 60% weniger betragen (175-300 kg/ Tag). Da keine Druckluftentfeuchtung benötigt wird, funktioniert das Verfahren zudem auch bei hoher Luftfeuchtigkeit bzw. bei Regen. Das Verfahren zeichnet sich durch geringen Strahlmittelverbrauch bei sehr hoher Flächenleistung und geringen Kosten an Wasser, Einhausung und Entsorgung aus⁴¹⁵. Es wird für die Reinigung aller erdenklichen Oberflächen, wie z.B. Naturstein, Putz, Beton, Metallen und Holz, eingesetzt.



Abb. 357: Torbo-Feuchtstrahlgerät 60 l

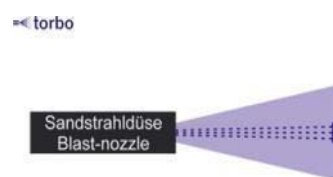


Abb. 358: Schema Standard-Düse

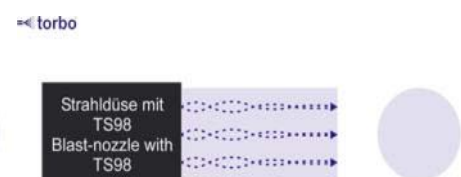


Abb. 359: Schema Wirbelvorsatz

⁴¹² Vgl. <http://www.torbo.de/torbo/torbo.php>, letzter Zugriff: 06.10.12.

⁴¹³ Vgl. <http://www.torbo.de/products/ts98.php>, letzter Zugriff: 06.10.12.

⁴¹⁴ Vgl. <http://www.torbo.de/torbo/technology.php>, letzter Zugriff: 06.10.12.

⁴¹⁵ Vgl. <http://www.torbo.de/torbo/faq.php?ID=11#A11>, letzter Zugriff: 06.10.12.

6.2.6 Vakuumstrahlverfahren

Beim Vakuumstrahlverfahren⁴¹⁶ wird das Strahlmittel aus einem Vorratsbehälter (10 l) durch einen Unterdruckerzeuger (ca. 220 mbar) in den Schlauch (4,5 m) gesaugt und durch einen Strahlkopf auf die zu bearbeitende Oberfläche geschleudert (420 km/h). Der Strahlkopf befindet sich unter einer Strahlhaube mit drei Sichtfenstern, die durch den erzeugten Unterdruck auf der Oberfläche haftet und das Strahlgut nach seinem Aufprall sofort absaugt. Das Strahlgut gelangt zurück in den Vorratsbehälter und wird wiederverwendet (bis zu 50x), während entstehender Staub (zerstrahltes Strahlgut) und Schmutzpartikel abgefiltert werden. Als Strahlmittel werden Materialien (z.B. Korund) empfohlen, die sich nicht so schnell zerstrahlen.⁴¹⁷ Es können jedoch alle gängigen Strahlmittel verwendet werden.



Abb. 360: Tornado ACS

Der geschlossene Kreislauf bietet nicht nur den Vorteil eines sehr geringen Strahlmittelverbrauchs (ca. 0,2-0,4 l/h) und eines sehr niedrigen Geräuschpegels (75 db), sondern auch den eines vollkommen staubfreien Arbeitens. Die Strahlparameter lassen sich für ein sehr schonendes Arbeiten einstellen. Einige Geräte, wie z.B. der Tornado ACS (s. Abb. 360), benötigen auch keinen Baustellenkompressor und sind als fahrbare, mobile Kompaktgeräte sehr gut transportabel sowie schnell auf- und abbaubar. Andererseits ergibt sich durch die Anwendung der Strahlmittelhaube eine relativ geringe Flächenleistung (1,0-4,0 m²/h), das Geräte-Handling und die Wirkung auf die zu strahlende Oberfläche sind im Gegensatz zu den Druckstrahlverfahren schwerer kontrollierbar.

Das Vakuumstrahlverfahren wird primär bei der Graffiti-Entfernung, Naturstein-Reinigung, Rost-Entfernung und zum Aufräumen von Oberflächen eingesetzt.

6.2.7 Arbeits- und Umweltschutz

Ohne genügende Schutzausrüstung ist die Verwendung von Strahlmitteln im Trockenstrahlverfahren aufgrund der großen Staubentwicklung äußerst gesundheitsschädlich für den Arbeiter. Einer Staubmaske mit entsprechendem Filtersystem und eine Schutzbrille sind deshalb unabdingbar. Bei einigen Geräten können durch einen zusätzlichen Schlauch ein Aktivkohlefilter und eine Vollschutzatemmaske an die Luftzufuhr des Kompressors mit angeschlossen werden. Handschuhe und Schutzanzüge zum Schutz der Haut und der Kleidung zu empfehlen. Auch wenn im Feucht- sowie im Vakuumstrahlverfahren die Staubentwicklung nur geringfügig ist, ist auch hier das Tragen einer Atemmaske und einer Schutzbrille anzuraten. Bei der Verwendung von Trockeneis sind insbesondere die Haut und die Augen zu schützen, da es bei Berührung unter Umständen zu starken Kälteverbrennungen kommen kann.

Zum Schutz der unmittelbaren Umgebung und Umwelt ist der Bau einer Auffangwanne zweckmäßig, damit das Strahlmittel, Schmutzwasser und die abgelösten Schmutzpartikel nicht ungehindert in das Grundwasser oder den Boden gelangen können. Ferner erleichtert diese Maßnahme die Aufräumungs- und Entsorgungsarbeiten erheblich, da der Schutt nach Fertigstellung der Strahlarbeiten einfach samt der Folie auf dem Bauschuttmüll entsorgt werden kann.

6.2.8 Bewertung

Da die Verfahrensauswahl und -bewertung mit dem Ziel erfolgte, für die Feldversuche in Kapitel 6.6 eine geeignete Vorauswahl zu treffen, siehe zur Bewertung der Verfahren Kapitel 6.6.1.

⁴¹⁶ Vgl. <http://www.sys-tecco.de/de/produkte/allgemeine-produktinformation>, letzter Zugriff: 10.10.12.

⁴¹⁷ Vgl. <http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren#7>, letzter Zugriff: 10.10.12.

6.3 Reinigung - Überblick zur Gruppe der wässrigen und chemischen Methoden

Alternativ zu den zuvor dargestellten abrasiven Reinigungsmethoden werden im Folgenden verschiedene chemische Reinigungsverfahren vorgestellt. Die Gipsbelastung von Edelputzflächen stellt dabei ein besonderes Phänomen dar, weshalb hierauf ein besonderes Augenmerk gelegt wird. Da die chemischen Reinigungsmöglichkeiten ein sehr breites Themenfeld darstellen, werden Fachliteratur wie auch bereits erfolgreich angewendete Rezepturen untersucht. Zusätzlich werden marktübliche Fertigprodukte betrachtet.

6.3.1 Trägermaterialien

Für das Entfernen von Gipskrusten an Putzoberflächen reicht die Applikation der chemischen Wirkstoffe über ein einfaches Flutverfahren nicht aus. Für die spezifische Reaktionsdauer wird für eine längere Zeit ein feuchtes Milieu an der Oberfläche benötigt. Dies kann mit Hilfe von Trägermaterialien ermöglicht werden. Die Beschaffenheit der Trägermaterialien übernimmt also die Funktion einer Steuerung der Reinigungswirkung.⁴¹⁸ Daher sollen im Folgenden zuerst die Anforderungen an ein Trägermaterial für eine chemische Reinigung definiert werden.

Zur Gewährleistung einer kontrollierten Reaktion eines teilweise flüchtigen oder abtrocknenden Wirkstoffs mit der zu reinigenden Substanz sollte das Trägermaterial einen guten Kontakt zum Untergrund aufbauen können. Dies muss besonders bei der Behandlung von rauen, stark reliefartigen Oberflächenstrukturen beachtet werden. Entscheidend ist hierbei vor allem die Molekül- bzw. Partikelgröße des Materials, die abhängig von der Porosität und Struktur der Oberfläche ausgewählt werden sollte. Des Weiteren muss die Konsistenz des Trägermaterials so eingestellt sein, dass es möglichst unproblematisch und schnell an die Oberfläche angetragen werden kann. Dort sollte es dann ein ausreichendes Haftvermögen, eine gute Standfestigkeit und genügend Leichtigkeit aufweisen, um den häufig über 1 cm dicken Auftrag auch an nicht planen Flächen halten zu können. Für eine lange und konstante Reaktionszeit des Wirkstoffes, die in der feuchten Phase erfolgt, muss das Trägermaterial möglichst viel Wasser speichern können, das dann in einem kontrollierten Trocknungsprozess abgegeben wird. Das Material sollte in der Trocknungsphase möglichst nicht zu Schwindprozessen neigen, da diese erstens zu Kontaktverlusten an der Oberfläche führen und zweitens dabei eine Art Strappo-Effekt mit darauf folgendem Substanzverlust verursachen könnten.⁴¹⁹ Schließlich ist eine möglichst unkomplizierte und vollständige Entfernbarekeit des Materials nach der Wirkungsphase dringend notwendig. Dies wird häufig durch das vollständige Abtrocknen erleichtert. Viele geeignete Materialien fallen durch den Verlust der Haftwirkung der Feuchtigkeit regelrecht von alleine von der Wand. Wie auch bei der Auswahl des Wirkstoffes zu beachten ist, sollte das Trägermaterial möglichst keine schädlichen Stoffe in die Bausubstanz eintragen und nach dem Entfernen unkompliziert entsorgt werden können.

6.3.2 Kompressen, Pasten und Gele⁴²⁰

Kompressen

Bei Kompressen handelt es sich um in Lösemittel und Wirkstoff getränkte Feststoffe, die aufgrund ihrer großen inneren Oberfläche eine hohe Absorptionskraft für Flüssigkeiten aufweisen. Typische Materialien sind verwebte, verkettete oder auch lose Fasern von Textilien, Japanpapieren, Löschkartons, Zellstoffen oder Polyurethan-Schwämmen. Das Kompressenmaterial muss individuell an die zu reinigende Oberfläche und den verwendeten Wirkstoff angepasst werden.

⁴¹⁸ Vgl. Larisch, Sara: Festigung von salzbelastetem tonmineralhaltigen Schilfsandstein und Überprüfung der Wirksamkeit einer nachträglichen Entsalzung, Diplomarbeit FH Hildesheim 2006, S. 55 f.

⁴¹⁹ Vgl. ebd., S. 53 f.

⁴²⁰ Vgl. Laue, Steffen: Wässrige Reinigungssysteme, Skript, Fachhochschule Potsdam, 2012, S. 10.

Bei der Reinigung mit Kompressen gibt es grundsätzlich zwei Verfahrensweisen: die dauerfeuchte oder die abtrocknende Kompresse. Die Kompressen werden im feuchten Zustand auf die Oberfläche angebracht. In der Regel besteht die aktive Zeit, also die Reaktionszeit der Kompresse, in der feuchten Phase. Zur Verlängerung der Reaktionszeit kann die Kompresse beispielsweise mit einer Folie abgedeckt werden, die die Verdunstung des Lösemittels verlangsamt. Gelöste Stoffe, wie z.B. Schmutzpartikel oder Salzionen, diffundieren in die Kompresse und werden in ihr festgehalten. Nach ausreichender Einwirkzeit wird die Kompresse entweder im noch feuchten oder im bereits abgetrockneten Zustand abgenommen.

Mit Ausnahme der Polyurethan-Schwämme weisen die Kompressenmaterialien im Vergleich zu den Pasten und Gelen kein besonders hohes Wasserrückhaltevermögen auf und sollten daher nicht „zu nass“ auf die Oberfläche aufgebracht werden. Nachteilig ist auch die schwierige Handhabung der Materialien bei der Behandlung von unebenen Oberflächen. Hierbei kann die Kompresse einen ungleichmäßigen Kontakt zu den Tiefen und Höhen der Oberfläche aufweisen, was u.U. zu unregelmäßigen Reinigungseffekten führt.

Pasten

Bei Reinigungspasten handelt es sich um Mischungen von Lösemittel und Wirkstoff mit quasi nicht quellbaren, feindispersen Materialien. Bei diesen handelt es sich meist um anorganische Substanzen, hauptsächlich um Tonmineralien in Form von Schichtsilikaten. Häufig werden z.B. die Aluminium- und Magnesiumsilikate Attapulgit, Kaolin (China Clay) oder Talkum verwendet. Diese Tonmineralien besitzen durch ihre schichtartige Struktur eine enorm große innere Oberfläche und können so hohe Mengen Feuchtigkeit aufnehmen und speichern.

Die Materialgemische werden durch die Einlagerung von Flüssigkeit (Lösemittel, Wirkstoff) zu einer formbaren, aber nicht fließfähigen Paste mit einem extrem hohen Absorptionsvermögen, das das der Kompressenmaterialien noch übersteigt. Über die Diffusions- und Kapillarkräfte werden die gelösten Stoffe aus dem Gefüge des behandelten Objektes in das Pastenmaterial gezogen und können anschließend mit der Paste zusammen abgenommen werden. Die Einwirkzeit kann auch hier mittels Folienabdeckung gesteuert werden. Im Gegensatz zu den Kompressen werden durch die Feinheit des Pastenmaterials auch die Tiefen der Oberfläche erreicht. Häufig ergeben sich allerdings dadurch auch Probleme bei der Entfernung der Materialrückstände auf der Oberfläche.

Gele

Bei Reinigungsgelen handelt es sich um eine Mischung aus Flüssigkeit und Wirkstoff mit einem Anteil quellfähiger Verdickungsmittel, sog. Gelbildner. Sie sind homogen, relativ klar, hochviskos und formstabil. Diese Verdickungsmittel besitzen ein extrem hohes Quellvermögen und bilden mit dem Wirkstoff-Flüssigkeitgemisch ein netz- und wabenartig angeordnetes, kolloiddisperses System. Als Verdickungsmittel kommen in der Restaurierung Cellulosederivate, Polyacrylate oder modifizierte Tonmineralien in Frage. Wie bei den Pastenmaterialien bauen Gele bei unebenen Oberflächen einen guten Kontakt zum Untergrund auf, was aber auch ebenso mit einer erschwerten Abnahme der Materialrückstände einher geht.

Überblick der Trägermaterialien⁴²¹

Kompressenmaterialien	Arbocel-Buchenzellstoff und andere Cellulosefasern, Watte, Japanpapier, Fliese, Löschkarton, Polyurethan-Schwämme
Pastenmaterialien	Bentonit, Attapulgit, Tripel (Diathomeen-Erde), Sepiolith (besonders fein), Talkum (Magnesiumsilikat), Kaolin
Gelbildner	Stärke, Agar-Agar (org. natürl.) Methylcellulose/ Tylose und andere Celluloseether (org. abgewandelte Naturstoffe), Polyacrylate (org. vollsynth.)
Modifizierer	Perlite/ Leichtzuschläge, usw.

⁴²¹ Vgl. Hauff, Gottfried: Grundlagen der Steinkonservierung, Skript, Fachhochschule Potsdam, 2009, S. 3.

6.3.3 Wirkstoffe

Neutralkompresse

Schon das Antragen von „neutralen“ Trägermaterialien auf verunreinigten Putzoberflächen mit Wasser als Wirkstoff kann einen Reinigungseffekt hervorrufen. Hierbei muss es sich nicht allein um reine Kompressen handeln. Es werden häufig auch Mischungen von Kompressen-, Pasten- und Gelmaterialien angewendet. Wie im vorigen Kapitel erläutert, halten sie im Gegensatz zu einem einfachen Flutverfahren, Feuchtigkeit für einen längeren Zeitraum an der Oberfläche. Die Abtrocknung der Mischung kann mit Hilfe von einer Folienabdeckung gesteuert werden. Schon im feuchten Zustand wandern gelöste Stoffe, aufgrund des Bestrebens, sich gleichmäßig in einem Medium zu verteilen, in das Trägermaterial (Diffusion). Beim Trocknungsprozess werden diese dann zusätzlich mit dem Feuchtigkeitsstrom an die Oberfläche und damit in das Trägermaterial befördert und am Ende mit abgenommen. Auf diese Weise können Substanzen an der Oberfläche kontrolliert angequollen oder angelöst und dann entfernt werden. In diesem Sinne ist in dem Zusammenhang nicht von einer chemischen Reinigung zu sprechen, sondern von einer physikalischen. Die Stoffe ändern sich nur in ihrer Gefügestruktur und nicht in ihrer chemischen Zusammensetzung.⁴²² Dies macht schon die Möglichkeiten und Grenzen einer solchen Reinigungsmethode deutlich. Im Gegensatz zu den folgenden Methoden können schlecht wasserlösliche Verunreinigungen, z.B. eine Gipsbelastung, wenn überhaupt, nur schlecht gelöst und entfernt werden.

Wässrige Kompresse mit Tensiden

Tenside und Seifenkonzentrate, wie z.B. herkömmliches Spülmittel, bewirken aufgrund ihres amphiphilen Aufbaus eine Reduktion der Grenzflächenspannung zwischen zwei Phasen und ermöglichen die Bildung von Dispersionen oder wirken als Lösungsvermittler.⁴²³ Sie fördern bei einer Reinigung das Benetzen und Eindringen von Feuchtigkeit und Wirkstoff in ein Materialsystem. So kann z.B. der Zusatz einer geringen Menge an Tensiden die Effektivität einer Reinigungskompresse steigern.⁴²⁴ Die Tensidmoleküle umwandern aufgrund ihrer elektrischen Ladung die Schmutzteilchen, emulgieren und ziehen diese an. Die sonst nicht mischbaren wässrigen und öligen Bestandteile werden gelöst und können abgenommen werden. Damit sind Tenside für die Entfernung von Ruß und anderen öligen Partikeln geeignet.

Ionenaustauscherharze

Ionenaustauscher sind natürliche oder künstlich hergestellte Materialien, die in Lösung befindliche Ionen gegen Austausch ihrer eigenen an sich binden können. Es existieren Kationen- und Anionenaustauscher.⁴²⁵ Bei den in der Restaurierung eingesetzten Ionenaustauschern handelt es sich um pulverförmige Harze. Diese werden durch Polymerisation hergestellt und sind aus dreidimensional strukturierten Kohlenwasserstoffmolekülen aufgebaut. Ein Harzmolekül besitzt eine Polystyrol-Matrix und eine austauschaktive Ankergruppe, auch Festion genannt. Die auftretenden Ladungen werden hier je durch ein Gegenion ausgeglichen.⁴²⁶ Dieses kann durch ein Ion gleicher Ladung ersetzt werden. Da dieser Vorgang mittels Diffusion stattfindet, müssen sich die auszutauschenden Ionen und das Harz in Lösung befinden. Je höher die Ladung und je größer der Ionenradius eines Ions ist, desto stärker wird es an den Austauscher angebunden. Das stärker bindende Ion verdrängt das schwächer bindende Ion. So wird beispielsweise das Na⁺-Ion eines Ionenaustauschers von einem freien Ca²⁺-Ion verdrängt. Nach dem chemischen Prozess können diese Ionenaustauscherharze wieder durch eine konzentrierte Natriumchlorid-Lösung regeneriert werden. Weitere wichtige Einflussfaktoren für die Austauschprozesse sind der pH-Wert der Lösung, sowie die jeweiligen Stoffkonzentrationen. Auf dem Markt gibt es diverse Ionenaustauscher-Produkte, die vor

⁴²² Vgl. Eschebach, Tjalda: Werkstattlehre II, Skript, Fachhochschule Potsdam, 2009, S. 2.

⁴²³ Vgl.: Laue, Steffen: Wässrige Reinigungssysteme, Skript, Fachhochschule Potsdam, Potsdam 2012, S.7.

⁴²⁴ Vgl.: GÖTZ (2006), S. 77.

⁴²⁵ Vgl. Dömel, Ines (2006): Reinigung von Marmor- mikroskopische Bewertung verschiedener Reinigungsmethoden und – mittel anhand von Probeflächen auf Carrara, Großkunzendorfer, Kauffunger und Prieborner Marmor, Diplomarbeit, Fachhochschule Potsdam 2006, S. 32.

⁴²⁶ Vgl.: http://autsch.ms-d-media.de/Protokoll_Grundpraktikum_Ionenaustauscher.htm, letzter Zugriff 16.10.12.

allem zur Reinigung von Wasser und wässrigen Lösungen verwendet werden (z.B. zur Enthärtung, Umsalzung, Entsalzung, etc.). Des Weiteren dienen sie unter anderem als Katalysatoren in der Chemie oder ermöglichen chromatographische Trennungen von organischen Verbindungen.⁴²⁷

In der Denkmalpflege kamen für die Umwandlung von Gipskrusten bisher verschiedene Anionenaustauscher zum Einsatz. Die Sulfat-Ionen (SO_4^{2-}) des Gipses verdrängen hierbei die Gegenionen (OH^- oder CO_3^{2-}) des Harzes. Diese verbinden sich wiederum mit den frei gewordenen Calcium-Ionen des Gipses zu Calciumhydroxid bzw. Calciumcarbonat. Es wird empfohlen das Harz während der Einwirkzeit feucht zu halten und des Öfteren umzuschichten, da der Ionenaustausch nur mit unverbrauchtem Harz stattfinden kann.

Sonderfall: Ionenaustauscherharz angesetzt mit 10%iger Ammoniumcarbonatlösung

Laut Akeogel[®]⁴²⁸-Produktdatenblatt wird der Einsatz einer 10%igen Ammoniumcarbonatlösung empfohlen. Die Vorgehensweise bei Auftrag und Nachreinigung verläuft analog zur vorhergehenden Variante.

Bei dieser kombinierten Methode reagiert zunächst das Ammoniumcarbonat mit dem Gips, wobei Ammoniumsulfat gebildet wird. Das Sulfation dieses leicht löslichen Salzes wird dann gegen das Hydroxidion des Harzes getauscht. Das Reaktionsprodukt Ammoniumhydroxid zerfällt in flüchtiges Ammoniak und Wasser:



Die Sulfationen des Ammoniumsulfats sind für das Austauscherharz leichter zugänglich. Gips ist nur schwer löslich, der Lösungsvorgang in reinem Wasser geschieht nur langsam. Das mit destilliertem Wasser angesetzte Ionenaustauscherharz erreicht (theoretisch) nur die Sulfationen an der Oberfläche bzw. diejenigen, welche sich durch die Befeuchtung mit Wasser gelöst haben. Bei der Kombination mit dem Ammoniumcarbonat werden auch – soweit vorhanden – die Sulfationen in tieferen Bereichen des Putzgefüges erreicht, da das Ammoniumcarbonat weiter in das Gefüge eindringt.

EDTA

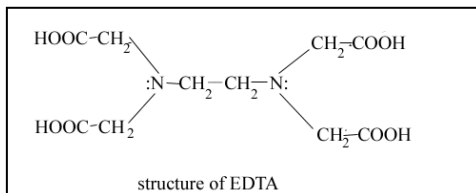


Abb. 361: Strukturformel der EDTA

Bei dem Begriff EDTA handelt es sich um die Abkürzung für Ethylendiamintetraacet, oder auf Deutsch Ethylendiamintetraessigsäure. Präziser gesagt, verwendet man hier, aufgrund der besseren Löslichkeit in Wasser, das Dinatriumsalz der EDTA. Im Handel wird es unter diversen Namen, wie „Komplexon III“ oder „Chelaplex“ geführt.⁴²⁹ Neben der Entfernung von Verfärbungen durch Eisen oder Kupfer werden sie in der Denkmalpflege auch für die Behandlung von schwarzen Gipskrusten auf Natursteinen angewendet. Das Ziel dieses Vorganges ist die chemische Reaktion, bei der das Sulfat-Ion aus der Gipskruste ausgetauscht wird. Zuerst gehen dabei die Sulfat-Ionen (SO_4^{2-}) der Gipskruste in Lösung. In diesem Zustand können diese gegen das Natrium-Ion der EDTA ausgetauscht werden, so dass sich ein Calcium-EDTA-Komplex und Natriumsulfat bilden.



⁴²⁷ Vgl.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ionenaustauscher>, letzter Aufruf 11.10.12.

⁴²⁸ Fa. Syremont, S.p.A., Mailand, Italien: hochselektiver Sulfatentferner, stark basischer Anionenaustauscher

⁴²⁹ Vgl. Teichmann, Judith: Chemische Pasten zur Entfernung von schwarzen Krusten und Verfärbungen auf Natursteinoberflächen, Seminararbeit, Fachhochschule Potsdam, S. 7.

Nach der Abnahme des Komplexbildner-System muss die behandelte Oberfläche gründlich nachgewaschen oder mit einer Entsalzungskompressen behandelt werden, da es sich bei dem entstandenen Natriumsulfat um ein stark bauschädliches, leicht lösliches Salz handelt, welches nicht auf dem Objekt verbleiben sollte.⁴³⁰

Auf dem Markt bieten einige Firmen Produkte an, die sich die komplexbildende Wirkung des EDTA zu Nutze machen. Die Firma Bau-Chemie-Prochaska KG führt beispielsweise zwei Reinigungspasten zur Abnahme von schwarzen Krusten. Das Produkt „Monumentique Paste C“ beinhaltet das Dinatriumsalz der EDTA und eignet sich zur Anwendung auf kalk- oder tongebundenem Sandstein, Kalkstein und Marmor. Die „Monumentique Paste SI“ beinhaltet zusätzlich zu dem Salz auch Flußsäure und wird vom Hersteller zur Verwendung auf silikatisch gebundenen Sandsteinen und Granit empfohlen.⁴³¹

Es besteht die Gefahr, dass bei nicht sachgemäßer Anwendung des Produktes, die Säure (EDTA) calciumhaltige Verbindungen auflöst bzw. anätzt. Auch wenn die Hersteller der Reinigungspasten den pH-Wert der EDTA von 3-4 durch Zusätze von Ammoniumcarbonat auf einen Wert von ca. 9-10 abpuffern, sollte man dies bei der Dauer der Anwendung beachten.⁴³² Außerdem besteht trotz einer Nachreinigung die Gefahr des Verbleibes von Natriumsulfat-Resten auf der Oberfläche, die zu Folgeschäden führen können. Hinzu kommt, dass die Anwendung zeitaufwendig und die Produkte in der Regel relativ kostspielig sind⁴³³ und daher für die Behandlung ganzer Fassadenflächen nicht in Frage kommen.

Sonderfall: Alkalische Abbeizmittel

Wässrige Reinigungsmethoden bieten gegenüber den verschiedenen Strahlmethoden den Vorteil der Möglichkeit einer Abnahme von Farbschichten ohne mechanische Verletzung der ursprünglichen Oberfläche. Dies kommt vor allem bei der Wiederherstellung von Oberflächen mit struktureller Gestaltung, wie z.B. Steinputz mit Scharrierungen, zum Tragen. Gegenüber lösemittelhaltigen Abbeizmitteln bieten alkalische Abbeizmittel ferner den Vorteil einer kontrollierbarereren Verarbeitbarkeit und Abnahme. Zudem beinhalten alkalische Abbeizer weniger materialfremde Bestandteile, wodurch die Einwirkung auf das Trägermaterial auf ein Minimum reduziert wird.

Das Entfernen von Altanstrichen mithilfe alkalischer Abbeizmittel, die auf der verseifenden Wirkung des alkalischen Mittels auf die getrockneten Öle beruhen, wird bereits in der historischen Fachliteratur⁴³⁴ beschrieben. Die Verseifung von Bindemitteln funktioniert analog zur Seifenherstellung als Hydrolyse, bei welcher Fette und Öle (Ester der Carbonsäure) mithilfe von Laugen (z.B. Natron- oder Kalilauge) in Alkohol (Glycerin) und das Salz der Säure, aus denen der Ester hergestellt wurde (Alkalisalze der Fettsäuren) gespalten werden.⁴³⁵ Durch die Verseifung werden Fette und Öle in einen wasserlöslichen Zustand überführt.

Als mögliche Rezeptur für einen alkalische Abbeizer nennt C. Koch z.B. „eine Mischung von dicker, recht alkalischer Schmierseife und gelöschtem Kalk“, welche „auf alte Ölfarben recht gut“ einwirke. Auch wirke „gelöschter Kalk, den man mit Sodalösung etwa ½ Stunde kocht“ ebenfalls „stark verseifend“. Für die Anwendung auf senkrechten Flächen empfehle sich die Herstellung eines Abbeizers mit „salbiger“ Konsistenz, welche durch Hinzufügen von Füllmitteln wie z.B. Holzmehl, Kieselerde o.ä. erreicht werden

⁴³⁰ Vgl. Hotz, Tobias: Die Reinigung von Kunst- und Kulturgut mit Fokussierung auf Architekturoberflächen und Steinobjekte, Skript zur Fachtagung, 2008, S. 6.

⁴³¹ Vgl. <http://www.bau-chemie-prochaska.de/>, letzter Zugriff: 16.10.12.

⁴³² Vgl. Theobald, Antje Entfernung von störenden oder schädlichen Ablagerungen, Seminararbeit, Fachhochschule Potsdam, S. 4.

⁴³³ Anmerkung: Die Firma Bau-Chemie-Prochaska KG bietet ihre Monumentique-Paste C ab Mengen von 20 kg an und je nach Bestellmenge kostet ein Kilo zwischen 7,10 € und 6,50 €. Stand 10/ 2012.

⁴³⁴ Z.B. Carl Koch, Großes Malerhandbuch, Nordhausen a. Harz, o.J. [ca.1935], S. 419f.

⁴³⁵ Vgl. <http://www.chemie-schule.de/KnowHow/Verseifung>

könne. Das Abbeizen erfordere ferner immer „ein tüchtiges, möglichst mehrmaliges Nachwaschen mit reinem Wasser“.⁴³⁶

Die Möglichkeiten der Abnahme von Altanstrichen von mineralischen Oberflächen mithilfe alkalischer Abbeizmittel aus Kalkhydrat und Schmierseife wurden ausführlich in der Diplomarbeit von Luise Krause erörtert⁴³⁷, wobei neben Potential und Grenzen hinsichtlich unterschiedlicher Bindemittelsysteme auch die Wirkungsmechanismen, Einflussfaktoren (u.a. unterschiedliche Mischungsverhältnisse zwischen Schmierseife, Kalkhydrat, Wasser und Füllstoff) und Risiken des Abbeizprozesses untersucht wurden, um alkalische Abbeizmittel auf ihre restauratorische Eignung zu prüfen.

Gute Ergebnisse mit alkalischem Abbeizer wurden erzielt beim Entfernen von öligen Anstrichen oder Anstrichen mit verseifbaren Bestandteilen wie Kunstharzen, Alkydharzlacken und Schellacküberzügen. Evtl. verbleibende Rückstände konnten durch Nachreinigung mit Schmierseifenlösung entfernt werden, einer pH-Wert-Erhöhung konnte durch Nachreinigung mit Essigsäure entgegengewirkt werden.

Angelöst werden konnten jedoch auch Anstriche ohne verseifbare Bestandteilen wie Kaseinfarben. Wachshaltige Anstriche erforderten eine längere Einwirkzeit, so dass wasserempfindliche Oberflächen auf diese Weise nur bedingt behandelbar waren. Acryllacke und Dispersionsfarben auf Wasserbasis ließen sich bei Verwendung von alkalischen Abbeizmitteln zumindest anquellen.

Gruppe der Ammoniakverbindungen / Ammoniumverbindungen

Ammoniumcarbonat

Ammoniumcarbonat ((NH₄)₂CO₃) besteht aus wasserlöslichen, kubischen Kristallen, die sich an der Luft durch Erhitzen (ab 58°C) selbstständig und rückstandslos in Kohlenstoffdioxid, Wasser und Ammoniak zersetzen.⁴³⁸ Als Zwischenprodukt entsteht zunächst das etwas stabilere Ammoniumhydrogencarbonat (NH₄HCO₃), das dann weiter in die gasförmigen Produkte CO₂, NH₃ übergeht. Ammoniumcarbonat ist leicht basisch (pH-Wert 9,2) und wird zur Gipsumwandlung auf verschiedenen Oberflächen eingesetzt.⁴³⁹ Bei dieser chemischen Reaktion entstehen Calciumcarbonat und Ammoniumsulfat. Kalk, z.B. als Bindemittel eines Putzes, wird dabei nicht angelöst.



Das schwach saure und leicht lösliche Salz Ammoniumsulfat muss mittels Salzminderungskompressen, entweder durch spezielle Bariumhydroxid-Kompressen oder mittels Neutralkompressen bzw. durch gründliches Abwaschen der Oberfläche entfernt werden. Das Abwasser sollte dabei aufgefangen werden, um zu Verhindern, dass die darin enthaltenen Salzionen später womöglich über aufsteigende Feuchte wieder in den Baukörper gelangen. Des Weiteren besitzt Ammoniumcarbonat sehr gute Reinigungseigenschaften. Während fettige Substanzen verseifen, werden andere Schmutzinhaltstoffe gleichzeitig aufgrund der entstehenden Seife mit entfernt. Marko Götz stellte nach einer Reinigung mittels einer Ammoniumcarbonat-Kompresse aus Arbocel auf einem Edelputz eine Oberflächenaufhellung fest. Diese führte er auf die Bildung weißer Calciumcarbonat-Krusten zurück. Zusätzlich bestand wohl ein unzureichender Kapillarkontakt des Kompressenmaterials zur Putzoberfläche, so dass letztendlich die ursprüngliche Materialwirkung nicht wieder hergestellt werden konnte.⁴⁴⁰

⁴³⁶ KOCH (1935) S. 419 und 420, zur abbeizenden Wirkung von Soda und Weißkalk s. auch a.a.O, S. 58.

⁴³⁷ Krause, Luise: Alkalisches Abbeizmittel aus Kalkhydrat und Schmierseife - Untersuchungen an Probereihen zur Abnahme von Anstrichen auf Architekturoberflächen in Bezug auf die restauratorische Anwendbarkeit, Diplomarbeit FH Potsdam 2010.

⁴³⁸ Vgl. Adamini, Ronald: Entfernung von farbigen Kupfersalzen aus karbonathaltigen Baustoffen, Diplomarbeit, Fachhochschule Potsdam 2001, S. 20.

⁴³⁹ Vgl. GÖTZ (2007), S.130.

⁴⁴⁰ Vgl. GÖTZ (2007), S.130 f.

Hirschhornsalz

Das handelsübliche Hirschhornsalz ist ein Salzgemisch, das hauptsächlich aus Ammoniumhydrogencarbonat (2 RT), Ammoniumcarbonat (1 RT) und etwas Ammoniumcarbamat besteht.⁴⁴¹ Es wird hauptsächlich als chemisches Lockerungsmittel zur Teiglockerung (ähnlich der Wirkung von Hefebakterien), also als Backtriebmittel „Lebensmittelzusatzstoff E 503“ verwendet. Der Name entstammt der veralteten Gewinnungsmethode aus Horn, Leder und Klauen.⁴⁴² Es hat mit einem pH-Wert von 9 leicht basische Eigenschaften, ähnlich dem reinen Ammoniumcarbonat, und kann ebenfalls zur Gipsumwandlung eingesetzt werden.

Mora Paste

Die sogenannte Mora-Paste, auch als „AB 57“ bezeichnet, ist ein Mischprodukt aus dem Dinatriumsalz der EDTA, Dinatriumhydrogencarbonat und Ammoniumhydrogencarbonat mit Carboxymethylcellulose als Kompressen-Trägermaterial. Entwickelt und publiziert wurde sie um 1973 von Paolo und Laura Mora, den damaligen Chefkonservatoren des Instituto Centrale del Restauro in Rom⁴⁴³. Die Rezeptur war damals wegweisend für die Entwicklung weiterer Reinigungspasten für Gipskrusten. Der Reinigungsvorgang entsteht aus der Kombination der Reaktion des Ammoniumhydrogencarbonates mit dem Gips in loses Calciumcarbonat und der Komplexbildung mit den Kationen des Gipses und denen des Calciumcarbonates durch das Na-EDTA.⁴⁴⁴ Mit dieser relativ preisgünstigen Paste konnten gute Reinigungsergebnisse nachgewiesen werden. Nachteile sind wieder die bereits beschriebene Möglichkeit der Auslösung von Calcit durch die EDTA und der mögliche Rückstand von bauschädlichen Salzen (Natriumsulfat), selbst nach einer Nachreinigung. Auch könnten durch die Reinigung Eisen- und Kupferverbindungen im Bestand mobilisiert werden und an der Oberfläche Verfärbungen hervorrufen.

ILKA-Steinreiniger-Bio

Die Firma ILKA-Chemie⁴⁴⁵ führt in ihrem Reinigungskonzentrat-Sortiment auch den sog. Steinreiniger-Bio, der speziell für Sandstein, Klinker- und Keramikfassaden, Marmor, Travertin und Muschelkalk entwickelt wurde. Der Hersteller beschreibt das Produkt auf der Firmen-Internetpräsenz als *„Schonendes, Fassadenreiniger-Konzentrat für alle Steinarten. Geeignet für Dampfstrahl- und HD-Geräte. Abwasserunschädlich, gute Tiefenwirkung, ungiftig (...), biologisch abbaubar, steinschonend“*⁴⁴⁶.

Die Verarbeitung wird im Technischen Merkblatt pur oder je nach Verschmutzungsgrad ca. 1:10 mit Wasser verdünnt empfohlen und kann neben der Anwendung per Strahlverfahren auch z.B. mit einem Quast aufgebracht werden. Die Einwirkungszeit sollte ca. 10-15 Minuten betragen. Bezüglich der Inhaltsstoffe und deren Mengenverhältnis hält sich der Hersteller eher bedeckt. Obwohl das Produkt mit „Bio“ benannt ist, erfolgt die Selbsteinstufung im Merkblatt in die Wassergefährdungsklasse 2: „wassergefährdend“. Es darf also nicht in das Grundwasser, in Gewässer oder unverdünnt in die Kanalisation gelangen. Im Sicherheitsdatenblatt sind als Inhaltsstoffe Phosphate mit 5-15 %, anionische Tenside und nichtionische Tenside mit < 5 % und Duftstoffe aufgeführt. Außerdem zu den gefährlichen Inhaltsstoffen zählend, werden Butanol (< 5 %), Natriummetasilikat-Pentahydrat (< 5 %), Natriumalkylsulfat (< 5 %), Fettalkoholpolyglykolether (< 5 %) und Alkylphenolpolyglykolether (< 1 %) genannt. Es wird außerdem von einem Flammpunkt von > 100 °C und einem pH-Wert von 10-11 bei 20 °C gesprochen. Toxikologisch wird es als „Xi Reizend“ eingestuft.

⁴⁴¹ Anmerkung: Unter den Inhaltsstoffen einer handelsüblichen Hirschhornsalz-Packung wird nur das Ammoniumhydrogencarbonat angegeben.

⁴⁴² Vgl. http://universal_lexikon.deacademic.com/90056/Hirschhornsalz, letzter Zugriff: 17.10.12.

⁴⁴³ Vgl. P. Mora, L. Mora, A method for the removal of incrustations from limestone and mural paintings. *Problemi di Conservazione*, 1973, pp. 339 - 344

⁴⁴⁴ Vgl. Teichmann, Judith (2007), S. 10.

⁴⁴⁵ Vgl. www.ilka-chemie.com, letzter Aufruf 10.10.12.

⁴⁴⁶ Vgl. <http://www.ilka-chemie.com/wDeutsch/produkte/index.php>, letzter Aufruf 4.10.12.

6.3.4 Bewertung

Auswahl Wirkstoffe

Nach den Recherchen zur Behandlung Gips belasteter Oberflächen fiel die Entscheidung, Neutralkompressen nicht weitergehend in die Testreihen einzubeziehen. Diese wurden jedoch genutzt, um einer Schleierbildung durch gelöste Stoffe in den trockeneren Randbereichen einer abgegrenzten Probefläche vorzubeugen.

Die Reinigung mittels einer wässrigen Kompresse mit Zusätzen von Tensiden testete dagegen bereits M. Götz auf einer Edelputzfläche. Er kommt zu dem Ergebnis, dass damit nur „lose aufliegender Schmutz entfernt werden“ konnte, da dieser aufgrund zu geringem Kapillarkontakt des Kompressenmaterials „an der rauhen und ungleichmäßigen Oberfläche“ nicht „aus den Vertiefungen der Putzschicht entfernt werden“ konnte. Götz stellte fest, dass die Kratzputzoberflächen zwar heller wurden, sich jedoch nach der Trocknung eine leichte Trübung, vermutlich Kalkschleier an der Oberfläche einstellte.⁴⁴⁷ Dieses Resultat bestätigt die Ergebnisse der Recherche, dass Tenside zwar für die Entfernung von Ruß und anderen öligen Partikeln geeignet sind, nicht aber für die Entfernung von Gipskrusten. So sollten Tenside im Folgenden nicht separat auf den Putzschollen ausgetestet werden, es wurden aber ausgewählte Rezepturen je einmal mit Tensid-Zusätzen und einmal ohne aufgebracht, um zu prüfen, ob die Grenzflächenaktivität der Tenside den chemischen Prozess verbessert.

Die Reinigung mittels Ionenaustauscher-Harzen wurde unter anderem bereits von Stefan Grell⁴⁴⁸ getestet. Er nutzte hier eine Pastenkombination mit dem Produkt „Akeogel 1550“⁴⁴⁹ auf carbonat- und silikatgebundenen Gesteinstypen. Er bewertet diese wie folgt: „Vorteile der Reinigungsmethoden: (...) Keine Gefügebelastrung, Erhalt der Oberflächen, gradueller Reinigungsgrad,(...), keine Überreinigung, oberflächliche Gipsentfernung, Verbesserung der physikalischen Parameter,(...). Nachteile: (...)Aufwendiger in der Verarbeitung, Mehrfache Packungsaufträge mit gründlicher Zwischenreinigung. Dicke, mehrschichtige Krusten sollten mechanisch reduziert werden.“⁴⁵⁰ Ein weiteres Ionenaustauscher-Produkt namens „Powdex GX 113“⁴⁵¹ wurde an der FH-Potsdam zeitlich parallel zu unseren Recherchen von R. Gottwald und N. Underwood erfolgreich zur Entfernung von Gipskrusten auf Marmor angewendet. Die Reinigung erfolgte mittels eines Pasten-Rezeptes nach Astrid Will und Frauke Herlyn⁴⁵² (s. Trägermaterial-Rezepturen im nächsten Abschnitt 6.3.2). Dieses Produkt wurde schon 2008 bei der Restaurierung der Tiepolo-Fresken in der Würzburger Residenz zur Abnahme einer ockerfarbenen Fassung erfolgreich angewendet.⁴⁵³ Diese Ergebnisse überzeugten, so dass das Rezept auch auf dem Material Edelputz erprobt werden soll.

Die Reinigung mit Ammoniumcarbonat als Wirkstoff wurde ebenfalls von M. Götz und S. Grell näher untersucht. Götz stellt nach einer Reinigung mit einer Ammoniumcarbonat-Arbocel-Buchenzellstoff-Kompresse auf einem Edelputz eine stärkere Oberflächenaufhellung fest. Er führt diese auf die Bildung weißer Calciumcarbonat-Krusten zurück. Zusätzlich bestand hier ein unzureichender Kapillarkontakt des Kompressenmaterials zur Putzoberfläche, so dass insgesamt die ursprüngliche Materialwirkung nicht wieder hergestellt werden konnte.⁴⁵⁴ Grell beurteilt seine Reinigungsversuche auf carbonatischen und silikatischen Gesteinstypen: „Vorteile: Keine Gefügebelastrung, Erhalt der Oberflächen, gradueller Reinigungsgrad möglich, keine Überreinigung, strukturelle Gipsentfernung, Verbesserung der physikalischen

⁴⁴⁷ GÖTZ (2006), S. 76.

⁴⁴⁸ Grell, Stefan: Steinreinigung mit der Ammoniumcarbonatmethode und Ionenaustauscherharz, Facharbeit, Fachhochschule Hildesheim/ Holzwinden, 1996.

⁴⁴⁹ Fa. Syremont, S.p.A., Mailand, Italien: hochselektiver Sulfatentferner, stark basischer Anionenaustauscher.

⁴⁵⁰ GRELL (1996), S.113.

⁴⁵¹ s. Fa. Graver Technologies, USA: karbonatisch beladener Anionenaustauscher.

⁴⁵² Vgl. Gottwald, Rosa; Underwood, Niklas (2012), Dokumentation der Projektarbeit an der FH-Potsdam.

⁴⁵³ Vgl. http://www.restaurierung-hofkirche.de/tiepolo/restaurierung/aktuell/aktuell_080127.php, letzter Aufruf 15.10.12.

⁴⁵⁴ Vgl. GÖTZ (2007), S.130f.

*Parameter. Strukturelle Festigung durch Calciumcarbonat (Bariummethode), Einsatz auf allen Natursteinarten, ökologisch unbedenklich. (...) Nachteile: (...) Das Reaktionsprodukt Ammoniumsulfat muß mit Entsalzungskompressen herausgezogen oder kann über Bariumhydroxid zu Bariumsulfat gefällt werden.*⁴⁵⁵ Die Ergebnisse hören sich vielversprechend an. Die Nachreinigung über einen zweiten Kompressen-Zyklus stellt allerdings einen erheblichen arbeitstechnischen und zeitlichen Aufwand dar. Marko Götz erprobte auch das Ammoniumcarbonat enthaltende Hirschhornsalz für die Reinigung einer Edelputz-Fläche. Es erzielte gute Reinigungsergebnisse und stellte die gewünschte, ursprüngliche Materialwirkung wieder her (Trägermaterial-Rezepturen siehe 3.3.2).⁴⁵⁶ Es ist in jeder Apotheke bzw. jedem gut sortierten Supermarkt verfügbar und soll in der nächsten Testreihe auf einem Edelputz erprobt werden.

Das weitere Misch-Produkt „Mora-Paste“, das über EDTA, Dinatriumhydrogencarbonat und Ammoniumhydrogencarbonat wirkt, ist zwar relativ preisgünstig und konnte gute Reinigungsergebnisse erzeugen, birgt aber den großen Nachteil einer möglichen Auslösung von Calcit durch die EDTA. Zudem können Rückstände von bauschädlichen Salzen (Natriumsulfat) - auch nach einer Nachreinigung – zurückbleiben, insbesondere da das unebene Profil eines Putzes im Gegensatz zu einer oft viel glatteren Naturstein-Oberfläche schwierig nachzureinigen ist. Auch könnten hierbei Eisenverbindungen im Bestand mobilisiert werden und an die Oberfläche treten. So sollte dieser Wirkstoffkomplex nicht weiter in der nächsten Testreihe berücksichtigt werden.

Letztlich wurde noch das Fertigprodukt ILKA Bio-Steinreiniger erprobt, welches der Recherche nach hauptsächlich der Wirkstoffgruppe der Tenside zuzuordnen ist. Hierbei sollten der Empfehlung des Herstellers ILKA nachgegangen und die Reinigungsergebnisse überprüft werden.

Auswahl Trägermaterial-Rezepturen

Bei den Recherchen wurde sehr schnell klar, dass die Komplexität des Themenspektrums der Trägermaterialien schnell die zeitliche Begrenzung des Projektes sprengen könnte. Die unzähligen Modifikationsmöglichkeiten von Kompressen, Pasten und Gelen sollen daher nicht in speziell angelegten Testreihen ermittelt werden. Stattdessen werden ein Gel- und zwei Pastenmischungen, die sich an die bereits von M. Götz bzw. R. Gottwald und N. Underwood erfolgreich angewendeten Rezepturen lehnen, verwendet.

Reinigungspaste von M. Götz nach S. Larisch⁴⁵⁷

Zur Optimierung des Wasserrückhaltevermögens und zur Verbesserung der Haftungseigenschaften modifizierte Marko Götz in seiner Diplomarbeit die Kompressenrezeptur nach S. Larisch⁴⁵⁸ als Trägermaterial für eine Reinigung mittels Hirschhornsalz und erhielt ein besseres Reinigungsergebnis. Die Rezeptur wird wie folgt übernommen:

1 VT	Sand	mit
1 VT	Bentonit	
2 VT	Arbocel BC40	und
4 VT	Perliten	vermengen und so lange verrühren, bis ein homogenes Gemisch entsteht. Die Paste ist direkt einsetzbar.

Reinigungsgel nach M. Götz⁴⁵⁹

Marko Götz testete außerdem in seiner Diplomarbeit drei verschiedene Celluloseether auf die Stabilität der Verbindung bei der Vermengung mit Hirschhornsalz. Dabei favorisierte er eine Ethyl-Methyl-Hydroxy-

⁴⁵⁵ GRELL (1996), S.111f.

⁴⁵⁶ Vgl. GÖTZ (2007), S.132.

⁴⁵⁷ Vgl.: GÖTZ (2007), S. 133.

⁴⁵⁸ LARISCH (2006).

⁴⁵⁹ Vgl.: GÖTZ (2007), S. 134ff.

Cellulose namens Tylose MH 1000[®] und entwickelte dazu eine Reinigungsgel-Rezeptur. Die Ergebnisse zeigten eine gut gereinigte Oberfläche. Die Rezeptur wird wie folgt übernommen:

4 VT	Tylose MH 1000 [®]	In
100 VT	dest. Wasser	quellen lassen. Nun
1 VT	Arbocel 200	und
20 VT	Hirschhornsalz	hinzu geben und so lange verrühren, bis ein homogenes Gemisch entsteht. Das Gel ist direkt einsetzbar.

Ionenaustauscher-Paste in Anlehnung an die „Reinigungspaste Astrid Will und Frauke Herlyn“⁴⁶⁰

30 g	Tylose C 6000	in
1 l	deionisiertem Wasser	quellen lassen. Nun
20 ml	85 %iges Glycerin	
200 g	Bentonit/ Attapulgit	und
50 g	Abocel BC1000	hinzugeben und so lange verrühren, bis ein homogenes Gemisch entsteht. Dann separat
830 g	Powdex GX 113	mit
480 g	dest. Wasser	vermengen und schließlich zu der Mischung geben. Die Paste ist direkt einsetzbar.

6.4 Fallbeispiele vorangegangener Restaurierungs- und Konservierungsmuster

Vor allem im Rahmen verschiedener Diplom- und Facharbeiten der im Bereich der Restaurierungswissenschaften arbeitenden Hochschulen wurden vereinzelt Konservierungs- bzw. Restaurierungsmethoden für farbige Werk trockenmörtel behandelt und z.T. durch umfangreiche Versuchsreihen bewertet.

C. Vollmann⁴⁶¹ befasste sich mit den Möglichkeiten der Konservierung und Restaurierung von Edelputz am Beispiel der Villa Vehse in Elster (Landkreis Elbe-Elster, Datierung 1933-1934). Das Gebäude weist nicht nur einen grün eingefärbten, glimmerhaltigen Kratz- und Reibputz auf, sondern zeigt auch einen ebenfalls grün pigmentierten Fugenmörtel in den geklinkerten Fassadenbereichen. Die Schadensphänomene reichen von einer Oberflächenverschmutzung über die gesamte Fassade mit tiefergehender Vergipsung über eine leichte Abwitterung und wenige Fehlstellen bis hin zur Ausbildung von Hohlstellen. Teile des Fassadenputzes zeigen zusätzlich Überarbeitungen in Form von Anstrichen und nicht materialgerechten Reparaturen.⁴⁶²



Abb. 362: Probefläche Villa Vehse vor Reinigung



Abb. 363: Probefläche Villa Vehse nach Reinigung

⁴⁶⁰ Vgl.: Will, Astrid (2012), schriftliche Mitteilung an Gottfried Hauff.

⁴⁶¹ Vollmann, Claudia: Edelputz - Möglichkeiten der Konservierung und Restaurierung eines modernen Baustoffs an dem Beispiel der Villa Vehse in Elster, Diplomarbeit FH Potsdam 2001.

⁴⁶² Vgl. VOLLMANN (2001), S. 47 ff.

Vollmann testete verschiedene Reinigungsmethoden und Hinterfüllmörtel. Für erstere stellte sie fest, dass sämtliche Druck-Wasser-Reinigungsverfahren (Heißdampf, Heißwasser-Druck-Reinigung, Kaltwasser-Druck-Reinigung) zwar oberflächliche Staubablagerungen entfernen konnten, die Aufhellung der Oberfläche jedoch zu geringfügig ausfalle, da die Verschmutzung in Gipsablagerungen eingebunden ist. Mittels verschiedener Sandstrahlverfahren (Mikrosandstrahlverfahren, JOS[®]-/ Niederdruck-Rotationswirbel-Verfahren, Strahlmittel: Edelkorund, Dolomitmehl) ließ sich nur mit dem Abtrag einer Millimeter dicken Schicht der Originalsubstanz ein annähernd befriedigendes, jedoch somit nicht in Frage kommendes, Reinigungsergebnis erzielen. Am geeignetsten erwies sich eine Reinigungspaste mit Ammoniumhydrogencarbonat (20%-ig in Wasser als „acqua satura“) und Hysorb als Verdickungsmittel.⁴⁶³

Als in Frage kommende Hinterfüllmaterialien werden von Vollmann auf Kieselsäureester basierte Mörtelsysteme ausgeschlossen, da das stark saugende Putzsystem das Bindemittel sofort in Bereiche ziehen würde, in denen es zu einer Überfestigung komme, während der Hinterfüllmörtel nicht entsprechend erhärten könnte. Deshalb wählte Vollmann eine Auswahl von bewährten und bekannten Hinterfüllmaterialien (Calxnova, Ledan D1, Sulfadur, PLM A), die auf Kalk-/Zementbasis bestehen, und erprobte diese anhand von Probekörpern auf Grundlage einer Kennwertermittlung vom Bestandputz. Calxnova schied aufgrund von unzureichender Fließfähigkeit und extremen Schwindverhaltens aus. Dem PLM A wurde zur Gewichtsverringering ein Schaumbildner zugesetzt, der leider für dieses Objekt unzureichende Festigkeitswerte hervorrief. Ledan D1 und ein Mörtel auf Sulfadurbasis (entwickelt im Labor Hangleitner, Frankfurt a. M.) erzielten in ihren Verarbeitungs- und Festigkeitseigenschaften sehr gute Ergebnisse und wurden empfohlen.⁴⁶⁴

Des Weiteren beschäftigte sich Vollmann mit der Entwicklung von Ergänzungsmörteln für den Kratzputz, den Reibeputz und den Fugenmörtel. Die konfektionierten Mörtel beinhalteten Weißkalkhydrat, Portlandzement, farbige Zuschläge und Pigmentzusätze. Die entwickelten Rezepturen müssten zur endgültigen Anwendung teilweise noch verbessert werden. Die Nachstellung der ursprünglichen Farbigkeit gelang recht gut, während die Anpassung der Ergänzungen an den gealterten Zustand des Bestandes über Lasuren und einer leichten Abarbeitung mittels Mikrofeinsandstrahlgerät erreicht werden sollte.⁴⁶⁵



Abb. 364: Kratzputznachstellung Villa Vehse , angepasst an oberflächliche Verschmutzung



Abb. 365: Kratzputznachstellung Villa Vehse , nachträglich durch Sandstrahlen bearbeitet, um Abwitterung zu simulieren.



Abb. 366: Kratzputznachstellung Villa Vehse , nachträglich durch Sandstrahlen bearbeitet, um Abwitterung, sowie mit Lasur, um Verschmutzung zu simulieren

⁴⁶³ Vgl. VOLLMANN (2001), S. 67 ff.

⁴⁶⁴ Vgl. ebenda, S. 83 ff.

⁴⁶⁵ Vgl. ebenda, S. 95 ff.

M. Götz⁴⁶⁶ erarbeitete für die materialfarbigen Fassadenoberflächen der Lessing-Loge in Peine (1926) ein Konservierungs- und Restaurierungskonzept der Edel- bzw. Steinputz- und Betonwerksteinflächen⁴⁶⁷ und führte eine Probeachse aus.⁴⁶⁸

Das Gebäude ist mit einem scharrierten Steinputz im Sockelbereich und mit einem gekratzten, hell-grauen Edelputz an den Fassadenflächen gestaltet. Die Putzsysteme wiesen eine starke Verschmutzung mit partiellen Verschwärzungen bis hin zu Verkrustungen auf. Im Bereich von Auswaschungen und Regenablaufspuren k Reidete die Oberfläche leicht ab. Weitere Schadensphänomene waren mikrobieller Befall, statisch bedingte Risse aufgrund von Korrosion bewehrter Baustahlarmierungen sowie Frühschwundrisse in den Betonwerksteinflächen.⁴⁶⁹

Ein Reinigungskonzept mit ausführlichen Reinigungsversuchen entwickelte M. Götz bereits in seiner Facharbeit⁴⁷⁰. Eine Trockenreinigung mittels Pinsel und Wishab® erwies sich als vollkommen unzureichend. Mit einer Feuchtreinigung mit und ohne chemische Zusätze in Form einer Wasserkompresse bzw. einer Kompresse mit Tensiden und Dampfstrahlgerät konnte lediglich lose aufliegender Oberflächenschmutz entfernt werden, während Vertiefungen aufgrund von ungenügender Haftung (kein Kapillarkontakt) zwischen Kompresse und zu reinigender Oberfläche verschmutzt blieben. Reinigungsversuche mittels Mikrofeinsandstrahlgerät mit dem Strahlmittel Edelkorund erzielten auf dem Stein- und dem Edelputz relativ gute Ergebnisse. Jedoch wurden die weichen, ockerfarbenen Zuschläge im Edelputz schnell abgetragen.



Abb. 367: Lessing-Loge, Kratzputz mit Mikrofeinstrahlgerät gereinigt



Abb. 368: Lessing-Loge, Steinputz mit Mikrofeinstrahlgerät gereinigt

Weiterhin erfolgten Reinigungstests mit verschiedenen Kompressenmischungen zur Reduzierung von verschwärteten Gipskrusten mittels Ammoniumcarbonat und Hirschhornsalz. Diese entfernten zwar die Verschmutzungen, jedoch blieben weiße Kalkschleier, die die ursprüngliche Oberflächenfarbe verfälschten. Götz erzielte letztlich die erfolgreichsten Reinigungsergebnisse mit einer Paste aus Hirschhornsalz und Methylcellulose (Tylose MH 1000®), die keine Kalkschleier hinterließ und sich zudem ökonomisch anwenden ließ.⁴⁷¹

⁴⁶⁶ Götz, Marko: Die Außenfassaden der Druiden-Loge Peine von 1926. Befundicherung der materialfarbigen Gestaltung mit Edelputz – Steinputz – Betonwerkstein, Facharbeit FH Hildesheim 2006. Und: Ders.: Die materialfarbigen Fassadenoberflächen der Lessing-Loge in Peine von 1926 mit Edelputz – Steinputz – Betonwerkstein. Entwicklung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes zur Erhaltung, Reparatur und nachhaltigen Pflege mit einer praktischen Umsetzung in einer Pilotfläche und Überlegungen zur Erhaltungsperspektive, Diplomarbeit FH Hildesheim 2007.

⁴⁶⁷ Vgl. http://www.hawk-hhg.de/pressestelle/137014_148698.php, letzter Zugriff: 14.12.2012, 16:30 Uhr.

⁴⁶⁸ GÖTZ (2007).

⁴⁶⁹ Vgl. GÖTZ (2007), S. 95 ff.

⁴⁷⁰ GÖTZ (2006).

⁴⁷¹ Vgl. GÖTZ (2007), S. 126 ff.

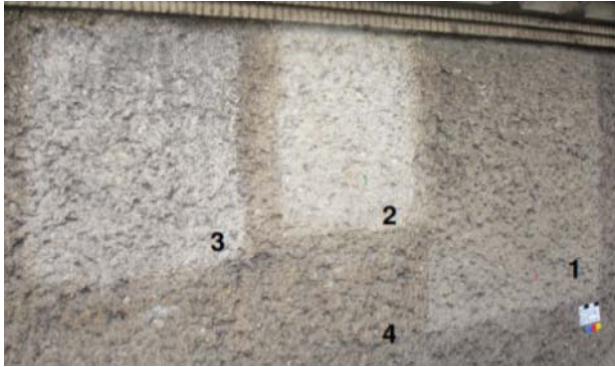


Abb. 369: Lessing-Loge, Reinigung mit versch. Kompressen

- 1 Reinigung mit Wasserkompresse unter Zusatz von Tensiden
- 2 Reinigung mit Ammoniumcarbonat-Kompresse
- 3 Reinigung mit Hirschhornsalz-Kompresse
- 4 Reinigung mit Dampfstrahlgerät



Abb. 370: Lessing-Loge, Ostfassade, mit Hirschhornsalz gereinigte Kratzputzfläche

Rezeptur:

100 GT Leitungswasser
 4 GT Ethyl-Methyl-Hydroxy Cellulose,
 Tylose MH 1000 ®
 20 GT Hirschhornsalz

Einwirkzeit 30 Min. anschließend Abnahme mit Wasser, Bürste und Schwamm; aufgrund geringer Einwirkzeit keine weiße Krustenbildung

Als eher außergewöhnliche Maßnahme sah M. Götz zum Oberflächenschutz der Fassadenfläche eine Interventionsschicht vor, bestehend aus einer Kalktünche (Sumpfkalk, Sand, Trasskalk), welche die im Vergleich zu anderen Objekten besonders verwitterungsanfällige Struktur der Putzsysteme schützen und nachhaltig pflegen sollte. Obgleich diese Behandlung der eigentlichen Oberflächenwirkung der farbigen Trockenmörtel widerspricht und jene sogar mindert, hielt Götz diese Schutzmaßnahme zum langfristigen Erhalt der Fassadengestaltung der Lessing-Loge jedoch für unerlässlich, spricht sich jedoch eindeutig gegen eine Behandlung dieser Art an anderen Objekten mit materialsichtig gestalteten Oberflächen aus.⁴⁷²



Abb. 371: Lessing-Loge, Ostfassade, vor Bearbeitung



Abb. 372: Lessing-Loge, Ostfassade, mit Pilotfläche, nach 6 Monaten

⁴⁷² Vgl. ebenda, S. 157 ff.

6.5 Laborversuche zur Oberflächenreinigung und Anstrichentfernung

Im Rahmen des Projektes behandelten umfangreiche, an der Fachhochschule Potsdam durchgeführte Arbeiten farbige Trockenmörtel anhand von Probematerialien verschiedener Bauwerke aus dem Raum Berlin-Brandenburg.

Ein wichtiger Baustein für den Erhalt von Putzflächen als Zeitzeugnisse der Klassischen Moderne ist neben der Entwicklung von auf den Bestand abgestimmter Reparaturmörtel die Anwendung ökonomisch und ästhetisch vertretbarer Reinigungsmethoden. In den Jahren zwischen 1925-30 sind in Deutschland 77% aller neu verputzten Bauten farbig verputzt worden. Der Bestand an noch erhaltenen materialfarbigen Edelputzen ist jedoch stark zurückgegangen. Neben Kriegsschäden oder Verwitterungsprozessen sind für die Verluste auch Totalsanierungen oder Überarbeitungen mit Anstrich- oder Wärmedämmsystemen verantwortlich. Bis heute unbearbeitete Edelputze der 1920er und 30er Jahre präsentieren sich heute meist, abhängig von den gegebenen Einflussfaktoren und dem bestehenden Putzsystem, durch abgewitterte und durch atmosphärische Verunreinigungen vergraute bzw. verschwärzte Oberflächen, wobei selten noch der besondere mineralische Charakter der Edelputz-Oberfläche wahrgenommen werden kann.

6.5.1 Wertheim-Fabrikgebäude Berlin-Moabit

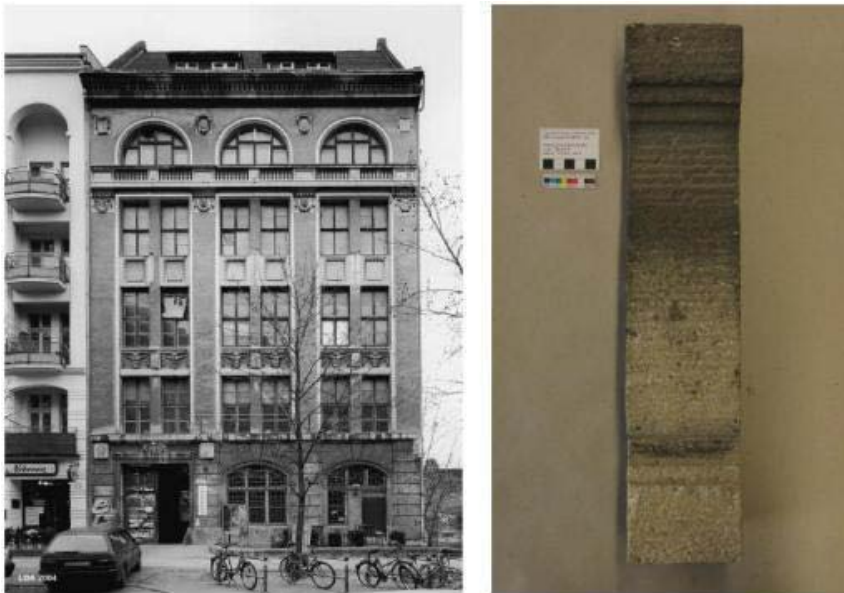


Abb. 373: Kulturfabrik Moabit, Lehrter Str. 35, Berlin; Probeobjekt Baluster der Fassade

A. Baack⁴⁷³ beschäftigte sich mit der Fassade des ehemaligen Wertheim-Fabrikgebäudes (jetzt Kulturfabrik Moabit) mit den Werkstoffen Betonwerkstein und Edelputz. In ihrer Facharbeit von 2011⁴⁷⁴ wurde eine Bestands- und Zustandserfassung des Gebäudes erstellt. Die weiterführende Diplomarbeit⁴⁷⁵ nutzte Baack zur Entwicklung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes auf der Grundlage von naturwissenschaftlichen Untersuchungen am Bestandsputz. Der für die Flächen verwendete hellgraue, glimmerhaltige Spritzputz zeigte sich stabil, jedoch weitestgehend vergraut mit Gipskrusten in den

⁴⁷³ Baack, Annett: Die Fassade des Wertheim-Gebäudes in der Lehrter Straße 35, Berlin Moabit. Bestands- und Zustandserfassung. Betonwerkstein und Vorsatzbeton - Geschichte, Werkstoffkunde, Werktechniken, Facharbeit FH Potsdam 2011. Und: Dies.: Die Fassade des Wertheim-Fabrikgebäudes in Moabit. Erfassung von Materialität und Technologie der Betonwerksteinelemente und Edelputzflächen. Entwicklung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes, Diplomarbeit FH Potsdam 2012.

⁴⁷⁴ s. BAACK (2011).

⁴⁷⁵ s. BAACK (2012).

Regenschattenbereichen und einigen Auswaschungen.⁴⁷⁶ Beim steinmetzmäßig bearbeiteten Vorsatzbeton handelt es sich um einen abgenommenen Baluster sowie um eine Putzprobe aus dem Gesimsbereich, jeweils von der Fassade der Kulturfabrik Moabit in Berlin (errichtet 1911/12).⁴⁷⁷

Am Baluster wurden Versuche mit Pufferlösungen sowie Ionenaustauscherharz durchgeführt.⁴⁷⁸ Am Probestück des Gesimses wurde die Ammoniumcarbonatmethode angewandt.

Für die **Ammoniumcarbonatmethode** wurde das Kompressenmaterial (Arbocel® BC 400) mit einer zuvor hergestellten gesättigten Ammoniumcarbonatlösung angeteigt, auf das vorgemätsste Probestück aufgetragen und anschließend mit Hostaphanfolie abgedeckt, um eine zu schnelle Austrocknung zu vermeiden. Nach vier Stunden wurde die Komresse entfernt und der Bereich mit entionisiertem Wasser nachgereinigt, um das ausgefallene Calciumcarbonat von der Oberfläche zu entfernen. Um außerdem die bei der Reaktion entstandenen Ammoniumsulfate zu reduzieren, wurde abschließend eine Neutralkomresse (Arbocel® BC 400, getränkt mit dest. H₂O) bis zur Austrocknung aufgelegt.

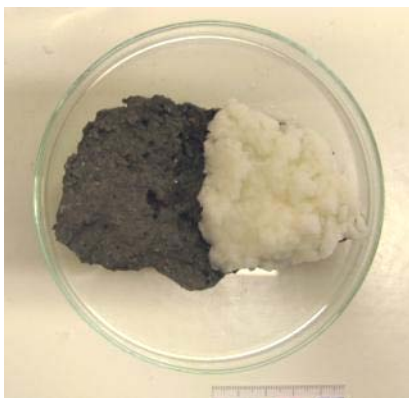


Abb. 374: Probestück mit aufliegender Arbocel-Komresse



Abb. 375: Nachzustand, rechts Reduzierung der Verschmutzung zu erkennen

Das Ionenaustauscherharz wurde einmal mit dest. H₂O, in einem zweiten Durchgang mit 10%iger Ammoniumcarbonatlösung angesetzt. Das in Pulverform vorliegende Harz wurde mit der Flüssigkeit angequollen und auf den vorgemätssten Untergrund aufgetragen. Um das Harz einfacher rückstandslos entfernen zu können, wurde es über einer Trennschicht von Japanpapier aufgetragen und mit Hostaphanfolie abgedeckt. Während der Einwirkzeit wurde das Harz stets feucht gehalten. Nach einer Einwirkzeit von vier Stunden wurde die Auflage entfernt. Abschließend erfolgte eine gründliche Nachreinigung und eine Komresse (Arbocel® BC 400 getränkt mit dest. H₂O), die bis zur Austrocknung auf dem Objekt verblieb, um einen Weißschleier von CaCO₃ zu vermeiden.



Abb. 376: Vorzustand



Abb. 377: Ionenaustauscherharz, Auflage abgedeckt mit Hostaphanfolie

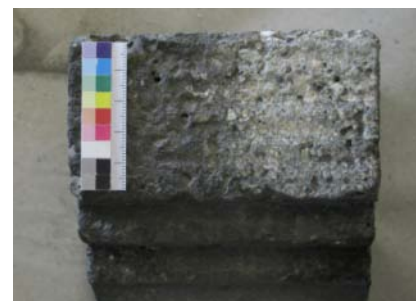


Abb. 378: Endzustand

⁴⁷⁶ Vgl. BAACK (2012), S. 8 ff.

⁴⁷⁷ Das Material wurde freundlicherweise von GSE gGmbH und durch den Kulturfabrik e.V. zur Verfügung gestellt.

⁴⁷⁸ Die Versuche mit Pufferlösungen brachten keinen sichtbaren Erfolg und werden deshalb nicht weiter berücksichtigt.

Resultate

Obgleich die Gipsumwandlung mit den genannten Mitteln möglich ist, wäre sie doch relativ aufwendig und somit wenig wirtschaftlich. Da die Vergipsung nur oberflächlich scheint, tendiert A. Baack letztendlich zur Anwendung des Mikrosandstrahlgerätes mit Glaspudermehl mikrofein der Firma Rotosoft als Strahlmittel. Diese Methode erzielte bei den Proben das erfolgversprechendste Resultat, auch wenn mit einem geringen Verlust der Oberfläche zu rechnen ist. Des Weiteren empfiehlt es sich, Fehlstellen im Edelputz mit einer materialidentischen Mörtelrezeptur unter Imitation der Putztechnik zu schließen.⁴⁷⁹

Die Reinigungsproben wurden mit dem Präzisions-Druckstrahlgerät Sandmaster FG 2 –94 Restauro durchgeführt. In einer ersten Probereihe wurden verschiedene Strahlmittel, getestet. Die Bearbeitung wurde jeweils mit einem Arbeitsabstand von 2 – 3 cm und einem Strahldruck von 4 bar ausgeführt. Eine weitere Probefläche wurde vor Ort angelegt. Auf Basis der ersten Probereihe wurde hier nur ein Strahlmittel verwendet. Mit dem RotoSoft Glaspudermehl (mikrofein und fein) wurden gute Reinigungserfolge erzielt. Die dunkle Schmutzkruste konnte gleichmäßig abgetragen werden. Verschmutzungen in Tiefen und Poren konnten jedoch nur mit längerer Bestrahlung entfernt werden. Der Einsatz des Strahlverfahrens mit den RotoSoft Glaspudermehlen hinterließ keine makroskopisch sichtbaren Beschädigungen an der Kunststeinoberfläche.

Ebenso gute und gleichmäßige Reinigungserfolge wurden mit dem Strahlmittel Granat Recycling erreicht. Dieses schien spröde Bereiche nicht sofort anzugreifen, wie es beim Glaspudermehl der Fall war. Von Nachteil war jedoch die – im Vergleich zum Glaspudermehl – größere Staubentwicklung. Der Reinigungsversuch mit den gemahlene Walnussschalen blieb ohne Erfolg. Aufgrund der geringen Härte dieses Strahlmittels konnte die dunkle Kruste auch bei länger anhaltender Bestrahlung nicht gedünnt oder abgetragen werden. Vielmehr schien das Granulat vereinzelte Kratzspuren zu hinterlassen. Der Abtrag der Schmutzkruste mit dem Strahlmittel Edelkorund verlief im Vergleich zum Glaspudermehl und Granat Recycling deutlich schneller. Auch aus den Vertiefungen wurde der Schmutz augenscheinlich effektiver entfernt. Um die Oberfläche nicht zu beschädigen sollte darauf geachtet werden, dass ein größerer Abstand zum Objekt (hier mindestens 3 cm) oder ein geringerer Druck (hier < 4 bar) eingehalten wird. Auswertend sind alle hier verwendeten Strahlmittel, ausgenommen die Walnussschalen, zu empfehlen. Die höhere Staubentwicklung beim Granat Strahlgut stellt einen nicht zu vernachlässigen Nachteil dar. Bei einem Einsatz von Edelkorund ist im Vergleich zum Glaspudermehl und dem Granat Recycling auf ein vorsichtigeres Arbeiten zu achten.



Abb. 379: Baluster Vorzustand



Abb. 380: Nachzustand, Reinigung mit Glaspudermehl, fein



Abb. 381: Nachzustand, Reinigung mit Granat

⁴⁷⁹ S. BAACK (2012), S. 129.

6.5.2 Kino Titania Palast Berlin-Steglitz

A. Idehen⁴⁸⁰ untersuchte die Anstrichschicht auf Steinputzproben des Titania-Palasts. Hierbei handelt es sich um Proben des bauzeitlichen Putzbestands, die während der in den 1980er Jahren durchgeführten Sanierung durch das Architekturbüro Pitz & Brenne entnommen und archiviert wurden.⁴⁸¹ Der aus einem Unterputz und einem ockerfarbenen, ursprünglich materialsichtigem Oberputz bestehende Putz ist mit einem kompakten, elastischen Anstrich versehen, der auf der Oberfläche partiell Verschmutzungen aufweist. Während der Sanierung wurde der ockerfarbene alte Anstrich abgenommen und durch einen neuen, an den ursprünglichen Farbton des Putzes angepassten Anstrich ersetzt.⁴⁸² Unter dem Anstrich findet sich auf der Steinputzoberfläche eine schwarze Schicht (vermutl. Gipsverkrustung), was zeigt, dass der Putz einige Zeit ohne Anstrich der Witterung ausgesetzt war.



Abb. 382: Titania Palast, Foto 15.01.2011



Abb. 383: Putzproben zur weiteren Bearbeitung

Auf einer Putzprobe wurden nach Pietsch⁴⁸³ systematische Reinigungsversuche zum Entfernen des ockerfarbenen Anstrichs durchgeführt. Bezugnehmend auf die vorgeschlagenen Lösemittelgemische und der Anwendungsreihenfolge nach den Vorgaben von Pietsch⁴⁸⁴ wurden die verwendeten Lösemittelgemische und Beobachtungen in Tabelle 33: systematische Reinigungsversuche mit Lösemitteln festgehalten.

Zusammenfassend erzielten die Reinigungsversuche 4, 6 und 13 (siehe rote Kreise in Abb. 384: Putzprobe mit Reinigungsversuchen n. Pietsch) die besten Ergebnisse. In allen drei Testlösungsgemischen ist das Lösemittel Toluol enthalten, welches in einer Konzentration von 50% bis 75% in Verbindung mit Ethanol und Aceton die besten Resultate erzielte. Aufgrund dessen wurden die drei Lösemittel als Stoffgemisch auf zwei Musterflächen am Steinputz des Titania-Palasts (Musterfläche AI & AII) erprobt.



Abb. 384: Putzprobe mit Reinigungsversuchen n. Pietsch



Abb. 385: Probefelder mit den ausgewählten Lösemittelgemischen

⁴⁸⁰ Idehen, Anja: Naturwissenschaftliches Praktikum III, Putzanalyse & wässriges Reinigungsverfahren, Projektarbeit FH Potsdam 2011.

⁴⁸¹ Die Proben wurden freundlicherweise von Herrn Brenne für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt.

⁴⁸² Freundliche Auskunft von Herrn Brenne, 2010.

⁴⁸³ Pietsch, Annik: Lösemittel. Ein Leitfaden für die restauratorische Praxis, Stuttgart²2005, (VDR-Schriftenreihe Band 7).

⁴⁸⁴ Ebd., S. 156.

Probefeld AI (Abb. 385) wurde mit einem Lösemittelgemisch aus Toluol (50%), Ethanol (25%) und Acton (25%) gereinigt. Die Reinigung des Probefelds All erfolgte mit einem Gemisch aus Toluol (60%), Ethanol (20%) und Acton (20%).

Das Reinigungsvermögen beider Gemische ist vergleichbar gut. Die dicke Anstrichschicht ließ sich schrittweise lösen und mittels Wattestäbchen entfernen. Bis der Anstrich vollkommen entfernt und die schwarze Gipsschicht sichtbar war, musste der Reinigungsvorgang ein- bis zweimal wiederholt werden.

Durch die Ermittlung der geeigneten Lösemittelgemische lassen sich Rückschlüsse auf das Bindemittel des ockerfarbenen Anstrichs treffen. Es kann ein öl- oder ein kunstharzgebundener Anstrich vermutet werden.

Nr.	LM bzw. LM-Gemisch	Einwirkz.	Beurteilg	Bemerkung
1	100% Siedegrenzbenzin	10 sek.	4	Lediglich aufliegender Schmutz löste sich
2	50% Siedegrenzbenzin 50% Toluol	10 sek.	2	beim 2.Abrollen löste sich der Anstrich
3	100% Toluol	10 sek.	3	Anstrich löste sich beim 4.Abrollen
4	75% Toluol 25% Ethanol	10 sek.	1-2	Beim 2.Abrollen löste sich der Anstrich gut
5	66% Toluol 33% Ethanol	10 sek.	3-4	Erst löste sich aufliegender Schmutz dann wenig Anstrich
6	50% Toluol 50% Ethanol	10 sek.	1-2	Anstrich löste sich beim 2.Abrollen
7	33% Toluol 66% Ethanol	10 sek.	3	Anstrich löste sich, aber erst nach mehrfachem Abrollen
8	25% Toluol 75% Ethanol	10 sek.	2-3	Anstrich löste sich beim 4.Abrollen
9	100% Ethanol	10 sek.	4	Lediglich aufliegender Schmutz löste sich
10	75% Ethanol 25% Wasser	10 sek.	3	Anstrich löste sich, aber erst nach mehrfachem Abrollen
11	50% Ethanol 50% Wasser	10 sek.	3-4	Anstrich löste sich, aber erst nach mehreren Abrollen
12	100% Wasser	10 sek.	4	Keine Reaktion, lediglich aufliegender Schmutz löste sich
13	75% Toluol 25% Aceton	10 sek.	1-2	Anstrich löste sich beim 2.Abrollen
14	66% Toluol 33% Aceton	10 sek.	3-4	Anstrich löste schwer, erst nach mehrfachem Abrollen
15	50% Toluol 50% Aceton	10 sek.	3-4	Anstrich löste schwer, erst nach mehrfachem Abrollen
16	33% Toluol 66% Aceton	10 sek.	2-3	Anstrich löste sich beim 3.-4.Abrollen
17	25% Toluol 75% Aceton	10 sek.	2-3	Anstrich löste sich schlecht – er schuppte ab
18	100% Aceton	10 sek.	4	Keine Reaktion
19	50% Siedegrenzbenzin 50% Ethylacetat	10 sek.	4	Anstrich löste sich kaum
20	33% Siedegrenzbenzin 66% Ethylacetat	10 sek.	3-4	Anstrich löste sich kaum sichtbar
21	100% Ethylacetat	10 sek.	2-3	Anstrich löste sich schlecht – er schuppte ab
22	75% Aceton 25% Ethanol	10 sek.	2-3	Anstrich löste sich schlecht – er schuppte ab
23	50% Aceton 50% Ethanol	10 sek.	2-3	Anstrich löste sich schlecht – er schuppte ab
24	25% Aceton 75% Ethanol	10 sek.	3-4	Anstrich löste sich, aber erst nach mehrfachem Abrollen
Beurteilung: Sehr gut: 1		Gut: 2		Mittel: 3

Tabelle 33: systematische Reinigungsversuche mit Lösemitteln

Testsieger

Zum Entfernen der schwarzen Gipskruste wurde das vom Anstrich befreite Probefeld AI mit einer Ammoniumcarbonatkompressen behandelt. Die mit Folie abgedeckte Kompressen verblieb vier Stunden auf der Kruste, dann wurde die bearbeitete Fläche gründlich mit destilliertem Wasser und einem Wattestäbchen nachgereinigt. Der Reinigungseffekt ist gut sichtbar. Die schwarze Kruste ließ die Steinputzoberfläche einfarbig und leblos wirken. Auf der gereinigten Fläche wird die mineralische Oberfläche des Steinputzes mit ihren ockerfarbenen Farbabstufungen wieder sichtbar.⁴⁸⁵

⁴⁸⁵ Vgl. dazu auch Birresborn, Lilli / Poerschke, Dörte: Abrasive und chemische Reinigungsmöglichkeiten für Edelputze. Recherche und Vorauswahl möglicher Methoden, Erprobung anhand von Testflächen, Projektarbeit FH Potsdam 2012, S. 34 f.



Abb. 386: Ammoniumcarbonat und Komresse mit Folienabdeckung



Abb. 387: Links Probefeld mit Gipskruste, rechts Probefeld mit sichtbarer Steinputzoberfläche

6.5.3 Bewertung

Insgesamt zeigen die Ergebnisse die Heterogenität der Untergründe und Beläge und daraus abgeleitet die notwendige Vielzahl und Bandbreite erforderlicher Materialien und Techniken der Konservierung und Restaurierung. Da es in der Praxis oft nicht möglich ist, z.B. das Bindemittel eines Altanstriches zu bestimmen (aus finanziellen oder analytischen Defiziten heraus), werden Objektmusterflächen auch in Zukunft zur Lösungsfindung beitragen müssen.

Der Ölfarb-Anstrich auf dem Steinputz des **Titania-Palasts** ließ sich mit den ermittelten Lösemittelgemischen aus Toluol und Ethanol bzw. Aceton innerhalb einer sehr kurzen Einwirkzeit gründlich entfernen. Lösemittel haben gegenüber den alkalischen Abbeizmitteln jedoch den deutlichen Nachteil der Flüchtigkeit und erfordern deshalb vor allem in geschlossenen Räumen entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen. Gegenüber den u.U. sogar wiederverwendbaren alkalischen Abbeizmitteln muss bei der Verwendung von Lösemitteln zudem die aufwendige und der Umwelt wenig zuträgliche Entsorgung der Abfälle bzw. Abwässer beachtet werden.

Die nach der Anstrichentfernung durchgeführte Gipsumwandlung mit der Ammoniumcarbonatmethode brachte auf der Steinputzoberfläche ein sehr gutes Ergebnis, allerdings musste die Reinigungswirkung nach Abnehmen der Komresse durch Abreiben mit dem Wattestäbchen leicht mechanisch unterstützt werden. Dies wäre jedoch auch im praktischen Versuch an der Fassade möglich.

Die besten Ergebnisse bei den am Vorsatzbeton der **Kulturfabrik Moabit** durchgeführten Reinigungsproben zur Entfernung der Gipskrusten wurden mit der kombinierten Methode von Ionenaustauscherharz und Ammoniumcarbonat erzielt.

Die Laborversuche mit der Ammoniumcarbonat-Komresse brachten jedoch nur unbefriedigende Ergebnisse. In einigen Bereichen löste es sich relativ gut, in anderen Bereichen weniger.

Ein Nachteil der Ammoniumcarbonat-Methode ist, dass das Reaktionsprodukt Ammoniumsulfat in das Gefüge eindringen und hier zurückbleiben kann. Dieses kann zwar mithilfe von (dest.) H₂O-Kompressen reduziert oder mit einer nachträglichen Behandlung mit Bariumhydroxid in ein schwerlösliches Salz umgewandelt werden, trotzdem bleibt fraglich, inwieweit das eventuell schädigende Ammoniumsulfat wieder aus einem porösen Gefüge zu entfernen ist. Obgleich im Einzelfall mit dieser Methode bereits gute Ergebnisse erzielt wurden, steht die Denkmalpflege dieser Methode deshalb oft skeptisch gegenüber.

Der Vorteil der kombinierten Methode von Ionenaustauscherharz und Ammoniumcarbonat im Vergleich zu den Methoden mit einzeln angewendeten Reinigern ist der größere Umsatz von Gips. Auch verbleibt im Vergleich zur reinen Ammoniumcarbonat-Komresse weniger Ammoniumsulfat im Putzgefüge, da die Sulfationen vom Harz gebunden werden; ein vollständiges Herauslösen des Ammoniumsulfats kann hierbei jedoch ebenfalls nicht gewährleistet werden.

Hierin liegt ein großer Vorteil des Ionenaustauscherharzes verglichen mit der Ammoniumcarbonat-Kompresse. Der Wirkstoff dringt nicht in das Materialgefüge ein und bringt auch keinerlei Fremdstoffe ein. Zudem wirken Ionenaustauscherharze langsam und nur in dem Bereich, in dem sie mit dem Untergrund in Berührung kommen, wodurch eine kontrollierte Reinigung ermöglicht wird.

Beide Reinigungsmethoden erfordern den Einsatz einer großen Menge an Wasser, da die Auflagen stets feucht gehalten werden müssen, beide angewendeten Mittel liegen im stark alkalischen Bereich – der pH-Wert des verwendeten, mit OH-Ionen beladene Austauscherharz liegt bei 12. Trotzdem können diese Methoden zur Entfernung von oberflächlichen Vergiftungen als substanzschonend bezeichnet werden.

Im Rahmen des Projektes beschäftigten sich **D. Poerschke und L. Birresborn** in einer dreisemestrigen Projektarbeit (2011/2012)⁴⁸⁶ mit der Erprobung möglichst ökonomisch und großflächig anwendbarer Reinigungsmethoden für Edelputze. Im ersten Teil der Arbeit wurden aus der großen Anzahl, die auf dem Markt vorhandenen Partikelstrahlverfahren die praktikabelsten und vielversprechendsten ausgewählt und mit einer Auswahl geeigneter Strahlmittel an mehreren Objekten mit unterschiedlichen Putztechniken (Spritz, Kratzputz) getestet, die jedoch zu keinem befriedigenden Ergebnis führten.

Aus diesem Problem heraus entstand der zweite Teil der Projektarbeit, der sich mit chemischen Reinigungsmöglichkeiten für Edelputze befasste. Da die chemischen Reinigungsmöglichkeiten ein sehr großes Themenfeld darstellen, wurden besonders Erfahrungen aus der Fachliteratur berücksichtigt. Zusätzlich wurden einige Fertigprodukte begutachtet.

Auf Edelputzprobeshollen sowie auf einer Fassadenoberfläche in situ wurden zwei Hirschhornsalz-Rezepte, eines in Gel- und eines in Pastenform, ein Ionenaustauscher-Pasten-Rezept sowie ein Bio-Steinreiniger-Konzentrat getestet⁴⁸⁷.



Abb. 388: Putzprobe Vorzustand

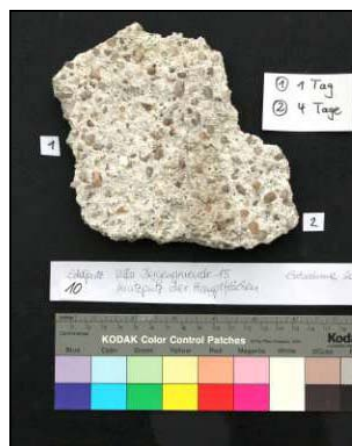


Abb. 389: Nachzustand, Reinigung mit Ionenaustauscher-Paste



Abb. 390: Testfläche mit Hirschhornsalz-Gel, Abnahme nach 1 Tag (rechts), abgetrocknetes Material nach 4 Tagen (links)

Zusammengefasst ist festzustellen, dass die Wirkstoffe Hirschhornsalz und Ionenaustauscher gut für die Reinigung von Edelputzflächen mit Gipsbelastung in Frage kommen. Da sich teilweise bei der Anwendung von Hirschhornsalz weiße Schleier auf den Probeflächen zeigten, sollte dieses Phänomen noch genauer naturwissenschaftlich untersucht werden. Vielleicht kann diesem auch durch die Einhaltung bestimmter Parameter (z.B. Einwirkzeit, Intensität Nachreinigung, Kompressenzusammensetzung) vorgebeugt werden. Außerdem sollten die gereinigten Oberflächen auch auf eventuelle schädliche Rückstände von Umwandlungsprodukten (z.B. Ammoniumsulfat) oder von den Materialien selber mikrochemisch überprüft werden.

⁴⁸⁶ s. BIRRESBORN / POERSCHKE (2012).

⁴⁸⁷ Vgl. Kap. 6.3.3; Hirschhornsalz-Rezepte n. GÖTZ (2007), S. 133 ff. Ionenaustauscher-Pasten-Rezept Fa. Powdex n. Will & Herlyn; Bio-Steinreiniger Fa. ILKA-Chemie.

6.6 Feldversuche zur Oberflächenreinigung

6.6.1 Auswahl Strahlverfahren

Die Auswahl der für eine schonende Reinigung von Edelputz in Frage kommenden Geräte erfolgte auf der Basis der technischen Eigenschaften des jeweiligen Gerätes und den in restauratorischen Dokumentationen beschriebenen Erfahrungswerten. Hinzu kam aufgrund ökonomischer Aspekte eine Beurteilung nach ihrer Flächenleistung.

Ausgeschlossen wurden zu Beginn sowohl das Injektorstrahlverfahren als auch das Vakuumstrahlverfahren, da diese aufgrund ihrer technischen Eigenschaften weniger hohe Flächenleistungen erzielen. Das Trockeneis- und das Schneestrahlfverfahren schieden aus wegen des hohen Aufwandes, den die Anlieferung des Trockeneises bzw. der CO₂-Niederdrucktanks bedeutet hätten. Auch scheinen diese Verfahren schwer durchführbar in Bezug auf die Handhabbarkeit der Geräte auf einer Außenbaustelle über mehrere Gerüstlagen.

Die Gruppe der Druckstrahlverfahren versprach hingegen nicht nur die Möglichkeit großflächig und ökonomisch zu arbeiten, sondern auch aufgrund der großen Palette an austauschbaren Variablen, mehrere Methoden auf ihre unterschiedlichen Wirkungsweisen hin testen zu können. Neben der Standard-Düse sollte auch die oft als sehr schonend wirkend, beschriebene Wirbelstrahldüse in die Auswahl mit aufgenommen werden. Des Weiteren sollten beide Verfahren nicht nur im Trockenstrahlverfahren, sondern auch im Feuchtstrahlverfahren getestet werden.

Da das Torbo-Feuchtstrahlssystem technisch ähnlich arbeitet wie das Druckstrahlssystem mit einer Standard- oder Wirbelstrahldüse im Feuchtstrahlverfahren, war es unnötig, diese ebenfalls hinsichtlich seiner Wirkungsweise auf eine Putzoberfläche zu testen. Erzielt die Erprobung der Partikelstrahlverfahren zur Reinigung von Edelputzflächen jedoch erfolgreiche Ergebnisse, sollten das Torbo-Feuchtstrahlverfahren und das Druckstrahlverfahren noch im Hinblick auf ihren Materialverbrauch (Strahlmittel, Wasser) verglichen werden.

6.6.2 Auswahl Strahlgüter

Strahlgütern werden für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche angeboten (s. Tabelle). Die Wirkung dieser Produkte auf eine Oberfläche ist abhängig von deren physikalischen Eigenschaften, wie Härte, spezifisches Gewicht, Kornform und Korngröße.

Eine Unterteilung kann in die folgenden Materialgruppen erfolgen: metallische, mineralische und organische Strahlmittel. Die metallischen Strahlmittel werden vor allem für Reinigungs- und Veredelungsverfahren sowie zur Entrostung von Metallen genutzt. Sie kommen aufgrund ihrer Härte und hohen Abrasivität nicht für die Reinigung von Architekturoberflächen in Frage.

Die mineralischen Strahlmittel werden in künstliche und natürliche unterschieden. Zu den künstlichen zählen Glasprodukte in Perlen-, Bruch- oder Mehlform, Keramikperlen und Schlacken. Die natürlichen bestehen aus Steinmehlen, -sanden und verschiedenen Arten von Korund (Al₂O₃). Mit eher rund geformten, relativ leichten Strahlmitteln, wie z.B. den Glasperlen und Steinpudermehlen, ist im Vergleich zu scharfkantigen, härteren Strahlgütern, wie z.B. Glasbruch und Korund, eine relativ geringe abrasive Wirkung möglich und demnach kann eine schonendere, gleichmäßigere Reinigung von Oberflächen erreicht werden.

Die organischen Strahlmittel bestehen vorwiegend aus natürlichen Produkten, wie Nussschalen, Hartholzmehl, Maiskolbenschrot oder Korkmehl. Aber auch spezifisch nach Bedarf hergestellte Kunststoffprodukte⁴⁸⁸ und Trockeneis-Pellets als Sonderform zählen dazu. Da die organischen Strahlmittel

⁴⁸⁸ Vgl. http://www.eisenwerk-wuerth.de/de/strahlmittel_sortiment.htm, letzter Zugriff: 13.10.12, 20:55 Uhr.

meist sehr weich sind, werden sie wie auch die extrem leichten Hohlglaskügelchen bei der Reinigung von Malereien eingesetzt.

Je weicher, runder und leichter das Korn ist, desto sanfter fällt theoretisch das Reinigungsergebnis aus, während sich mit sehr harten, schweren und scharfkantigen Strahlgütern eine hoch abrasive Wirkung auf eine Oberfläche erzielen lässt. Doch nicht allein die physikalischen Eigenschaften der Strahlgüter bestimmen das Endergebnis der Reinigung, sondern auch die der zu bearbeitenden Oberfläche (Härte, Struktur, Faktur). Entscheidend ist nicht zuletzt auch das Vorgehen des Bearbeiters (Abstand zur Oberfläche, Dauer der Bestrahlung) in Kombination mit dem gewählten Gerät. Bei richtiger Handhabung können theoretisch auch mit härteren Strahlgütern schonende Reinigungsergebnisse erzielt und umgekehrt bei falscher Anwendung auch mit weichen Strahlmitteln Oberflächenschäden hervorgerufen werden.

Systematik		Material	Korngröße in mm	Härte nach Mohs
Mineralische Strahlmittel	natürlich	Steinpudermehle	≤ 0,3	3 - 4
		Granatsande	0,01 – 0,06	7 - 8
		Korundarten (Al ₂ O ₃)	0,012 – 2,38	9
	künstlich	Gasperlen	0,09 – 0,15	6
		Hohlglaskügelchen	0,3 – 0,4	-
		Strahlglaskorn	0,25 – 0,5	6 - 7
		Glasbruch	0,11 – 0,21	6 - 7
		Gaspudermehle	0,04 – 0,18	6 - 7
		Keramikperlen	0,06 – 0,8	7 - 9
	Schlacken	0,04 – 2,8	6	
Organische Strahlmittel	natürlich	Hartholzmehe	-	-
		Nusschalen	0,1 - 0,45	2,5
		Maiskolbenschrot	0,2 – 5	4,5
		Korkmehl	-	-
	Trockeneis-Pellets	3 - 5	2	
	künstlich	Kunststoffgranulate	0,13 – 2	3,5 - 4
Metallische Strahlmittel	künstlich	Edelstahlstrahlmittel	0,05 – 3,35	-
		Stahlguss	0,07 – 2,36	-

Tabelle 34: Übersicht Strahlgüter

Um die für eine Oberflächenreinigung am besten geeigneten Strahlgüter auszuwählen, wurden zunächst an beiden Objekten Reinigungsversuche mit einem Mikrofeinstrahlgerät und 11 verschiedenen mineralischen und organischen Strahlgütern unterschiedlicher Korngrößen und Härtegrade durchgeführt.

Systematik		Produktname	Korngröße in mm	Härte nach Mohs	Proben-Nr.
Mineralische Strahlmittel	natürlich	Steinpudermehl JOS	≤ 0,3	3 - 4	7
		Rubin 220	0,074 – 0,053	9	3
		Granat Recycling	0,01 – 0,06	7 - 8	11
	künstlich	Gasperlen Nr. 6	0,09 – 0,15	6	1
		Hohlglaskügelchen Nr. 2	0,3 – 0,4	-	2
		Strahlglaskorn Nr. 54	0,25 – 0,5	6 - 7	6
		Glasbruch Nr. 100	0,11 – 0,21	6 - 7	5
		Gaspudermehl RotoSoft	0,04 – 0,08	6 - 7	4
		Gaspudermehl Rotosoft	0,04 – 0,18	6 - 7	9
Organische Strahlmittel	natürliche	Weichstrahlmittel Nr. 5	0,1 – 0,25	2,5	8
		Nuss A	0,125 - 0,45	2,5	10

Tabelle 35: Auswahl der Strahlgüter

Aus den getesteten Strahlgütern wurden danach drei ausgewählt, mit welchen weitere Versuche mit einem industriellen Reinigungsgerät durchgeführt werden sollten. Hierfür wurde eine MEOS Feinsandstrahlanlage (Wasser-Sandstrahler) mit zwei verschiedenen Düsen (Strahldüse mit Verwirbeln (JOS-Düse), Strahldüse ohne Verwirbeln) in Kombination mit einem 3m³-Baustellenkompressor gewählt. Die Versuche mit der MEOS-Anlage wurden im in trockenem und nassem Verfahren nur am Haus Dinkelsbühler Steig durchgeführt. Verwendet wurden die Strahlgüter „Roto Soft“ Glaspudermehl in zwei verschiedenen Körnungen sowie Granatrecyclingmehl.

6.6.3 Feldversuche Villa Amundsen-Str. Potsdam und Wohnhaus Dinkelsbühler Steig Berlin

Als Referenzobjekte für die Reinigungsversuche mit Strahlverfahren wurden zwei Gebäude mit sehr unterschiedlichen Putzoberflächen gewählt. Beide Bauwerke bieten unterschiedliche Schadensphänomene wie Verschmutzung, (Teil-) Substanzverlust, Risse und Fehlstellen.

Bei der Potsdamer Villa Amundsenstraße 38 (Baujahr 1926, ehem. Stadtverwaltungsstelle Potsdam) wurde der Putz als grobkörnig gestockter Putz (Kratzputz) in relativ großer Schichtdicke aufgetragen und ist dementsprechend in noch großer Schichtdicke erhalten. Auf dem Ziegelmauerwerk liegt ein ca. 2 cm dicker, nicht pigmentierter Unterputz.



Abb. 391: Potsdam, Amundsenstr. 38, 2011



Abb. 392: Sockelputz



Abb. 393: Flächenputz



Abb. 394: Amundsenstr. 38, Putztechniken



Abb. 395: Schadensbild
Abwitterung



Abb. 396: Schadensbild
Verfärbungen

Die Edelputzfassade wurde mit drei verschiedenen Kratzputztechniken gestaltet: ockerfarbener Kratzputz an den Hauptteilen der Fassade, ockerfarbener Glattputz als Gliederungselemente unter den Fenstern und an den Gebäudekanten, grauer Kratzputz mit buntfarbigen Zuschlägen bis zu 1 cm Durchmesser im ca. 1,2m hohen Sockelbereich. Der Sockelputz zeichnet sich durch eine verhältnismäßig hohe Dichte und Festigkeit aus, was womöglich auf einen etwas höheren Anteil an hydraulischen Bestandteilen hindeuten könnte. Die Zuschlagskörner des ockerfarbenen Kratzputzes haben eine höhere Masse und sind kleiner als die des Sockelputzes (bis zu 0,5 cm). Der feinkörnigere Kratzputz der gliedernden Elemente hat Zuschlagskörner in Größen bis zu 0,3 cm. Dieser Edelputz hat eine glattere und weniger feste Oberfläche als der graue Sockelputz, ist jedoch wiederum dichter als der grob gekratzte Rücklagenputz.

Die Stärke der Edelputze variiert zwischen 0,5 cm bei den ockerfarbenen verputzten Flächen und 1,5 cm im Sockelbereich. Die Zuschläge bestehen bei allen drei Putzsorten aus buntfarbigen Steinchen, Glimmerpartikeln und einem kräftigen, ockerfarbenen bzw. grauen Pigmentanteil.

Das zweite Objekt, ein **Siedlungshaus in Berlin-Frohnau** (Baujahr 1934), ist mit einem nur um die 2-3 mm dicken, rötlich ockerfarbenen durchgefärbten Besenspritzputz mit Glimmerpartikeln auf unpigmentiertem, sehr hellen, weichen Unterputz versehen. Insgesamt ist der Putz an allen Hausseiten noch im Ursprungszustand erhalten, deutlicher als bei der Potsdamer Villa zeigen sich hier jedoch – bedingt durch die sehr geringe Schichtstärke – Auswaschungen und Substanzverlust.

Die untersuchten Putzbereiche der Südwestseite des Hauses zeigen vor allem alterungs- und witterungsbedingte Schadensphänomene (s. Abb. 399 und Abb. 400). Teils kann ein starker Bindemittelverlust mit absandender und entfestigter Oberfläche beobachtet werden. In geschützteren Bereichen, wie zum Beispiel unterhalb von Fensterbrettern ist das Putzgefüge noch intakter, weist jedoch teils verschwärzte Gipskrusten in Form von Wasserläufern auf. Risse, Fehlstellen und materialfremde Ergänzungen sind nur in geringer Anzahl vorzufinden. An der ca. 1 cm vorspringenden Oberkante der geziegelten Sockelzone, auf der sich vermehrt Regenwasser staut, befindet sich eine Vergipsungszone, die aufgrund von Algenanlagerungen grünlich erscheint.



Abb. 397: Berlin-Frohnau, Dinkelsbühler Steig



Abb. 398: Putzschäden im Spritzwasserbereich des überstehenden Sockels



Abb. 399: Schadensbild Gipskrusten mit hellen Läufern



Abb. 400: Schadensbild mikrobieller Befall

Die Berliner Siedlungsbauten zeigen im Querschnitt ähnliche Putzbilder. Während die Kratzputze Auftragsstärken von 5-10 mm zeigen, erfolgte die Ausführung von Spritz- und Scheibenputzen lediglich in einer Schichtdicke von 2-5 mm. Auswaschungen und Entfestigung treten daher an solchen dünn-schichtig aufgetragenen Putzen weitaus deutlicher in Erscheinung als an Kratzputzen.

6.6.3.1 Testreihen an der Villa Amundsenstraße Potsdam

- Durchführung

Die Reinigungsversuche wurden an der Südseite des Hauses durchgeführt. Hier weist der Putz bis auf einzelne Fehlstellen, Risse und Hohllagen ein geringes Schadensbild auf. Die Putzstruktur besitzt nach wie vor eine gute Festigkeit. Lediglich im stark beanspruchten Sockelbereich ist ein geringer Verlust der Oberfläche zu beobachten. Die Putzoberfläche ist relativ gleichmäßig verschmutzt und weist die typischen verschwärzten Vergipsungen in Kombination mit Aufhellungen durch Auswaschungen, sowie geringfügige Vergrünungen in den Regenablaufbereichen auf. Die Verschmutzungen beeinträchtigen nicht nur insgesamt die ästhetische Gesamtwirkung der Fassade; sie könnten auch zu Folgeschäden führen.



Abb. 401: genutztes Feinsandstrahlgerät, Fa. Sandmaster

Die in Tabelle 35 aufgeführten Strahlgüter wurden zu Beginn kleinflächig mittels Mikrosandstrahlgerät auf den Edelputzoberflächen angewendet. Ziel war eine erste Einschätzung der verschiedenen Wirkungsweisen der ausgewählten Produkte. Auf diese Weise konnten weitere ungeeignete Strahlmittel aussortiert werden und allgemein erste Erfahrungen über die Wirkung von abrasiven Strahlmitteln auf dieser besonderen Art von Oberfläche gesammelt werden. Ziel war der Erhalt bzw. die bestmögliche Wiederherstellung der charakteristischen Eigenschaften des Edelputzes wie Farbigkeit und Oberflächenstruktur bei gleichzeitiger Verringerung des Verschmutzungsgrades.

Hierzu erfolgte eine systematische Erprobung aller elf Strahlgüter bei festgelegten Einwirkungsparametern wie gleichbleibender Abstand (ca. 20 cm), Einwirkungszeitraum (ca. 2 s/ cm²) und Druckstärke (0,1 bar) auf allen drei Putzsorten. Jede Fläche betrug 36 cm², die mittels einer Pappschablone eingegrenzt wurde. Vor- und Endzustand wurden fotografisch mit Kodak-Farbkarte und Maßstab sowie schriftlich dokumentiert.



Abb. 402: Ansicht der zu bearbeitenden Wand, Vorzustand



Abb. 403: Anlegen der Testfelder



Abb. 404: Endzustand einer bearbeiteten, groben Kratzputz-Wandfläche am Beispiel des Glasbruchs 100



Abb. 405: Detailaufnahme der bearbeiteten Fläche mit abgearbeitetem Feinanteil und stark frei liegendem Zuschlagskorn



- Feld 1: Steinpudermehl JOS
- Feld 2: Weichstrahlmittel 5
- Feld 3: Glaspudermehl RotoSoft fein
- Feld 4: Nuss A
- Feld 5: Granat Recycling
- Feld 6: Hohlglaskügelchen Nr. 2
- Feld 7: Glasperlen Nr. 6
- Feld 8: Rubin 220
- Feld 9: Glaspudermehl RotoSoft microfein
- Feld 10: Glasbruch Nr. 100
- Feld 11: Strahlglaskorn Nr. 54

Abb. 406: Reinigungsergebnisse im Vergleich (von links nach rechts)

- **Ergebnis**

Insgesamt ließ sich der feinkörnige, relativ glatte Kratzputz der Lisenen gut mit dem Mikrosandstrahlgerät bearbeiten, wohingegen auf dem grobkörnigen Kratzputz der zurückliegenden Wandflächen nicht zufriedenstellende Ergebnisse erzielt wurden. Dies ist vermutlich auf die größere Unebenheit und die niedrigere Dichte des gröbereren Kratzputzes zurück zu führen. Die Höhen des Putzgefüges wurden durch den Sandstrahl schon egalisiert, bevor eine Reinigung der Tiefen erfolgte. Die einzelnen Zuschlagskörner lagen nach der Bearbeitung auf allen Probefeldern nicht mehr ausreichend tief im Putzgefüge und drohten bei geringer Beanspruchung herauszufallen. (s. Abb. 404 und Abb. 405). Die so neu entstandene Oberflächenstruktur entsprach nicht mehr der ursprünglichen und auch das Reinigungsergebnis war nicht befriedigend. Die folgenden Beobachtungen in Bezug auf die getesteten Strahlmittel beziehen sich daher auf die gut zu bearbeitende Oberfläche des feinkörnigen Kratzputzes der gliedernden Architekturelemente (Lisenen).

Während dem Anlegen der Testflächen auf der feinkörnigen Kratzputzoberfläche mit dem jeweiligen Strahlmittel ergaben sich schon während der Verarbeitung erste Unterschiede. So erzielten die Hohlglaskügelchen Nr. 2 (Nr. 2) auf der Putzoberfläche so gut wie keinen Effekt, da sie aufgrund ihrer extremen Leichtigkeit kaum abrasiv wirkten und vom geringsten Luftzug davon gewirbelt wurden. Dies führte zusätzlich zu einem enorm hohen Verbrauch. Das Steinpudermehl JOS (Nr. 7) hinterließ dagegen aufgrund seiner mehrlartigen Beschaffenheit eine vergleichbar auffallend weißliche Fläche. Das Strahlglaskorn Nr. 54 (Nr. 6) führte zu einem eher punktuellen Reinigungsergebnis, da es aufgrund seiner hohen Korngröße die Tiefen nicht erreichte und wie elastisch von der Wand absprang. Dieser Umstand war auch unangenehm für den Bearbeiter.

Vergleicht man die Endergebnisse der elf getesteten Strahlmittel (s. Abb. 406) so kann man insgesamt sagen, dass die organischen Strahlmittel (Weichstrahlmittel Nr. 5, Probe 8; Nuss A, Probe 10) und die Hohlglaskügelchen Nr. 2 (Probe 2) einen zu geringen Reinigungseffekt erreichten. Dies ist einerseits sicherlich auf ihre verhältnismäßig niedrige Härte (Mohs: $\leq 2,5$) im Gegensatz zu den anderen Strahlmitteln zurück zu führen. Diejenigen mit ähnlichen Härtegraden (Mohs: 6 – 8) ergaben in Bezug auf ihre Abrasivität mit bloßem Auge kaum zu differenzierende Ergebnisse. Steinpudermehl JOS (Nr. 7) mit mittlerer Härte (Mohs: 3–4) erzielte dementsprechend einen höheren Abtrag als die Weichstrahlmittel und einen geringeren als die mit höherer Härte. In der Farbigkeit der bearbeiteten Flächen waren bis auf die besonders weißlich erscheinende Probefläche des Steinpudermehls JOS (Nr. 7) nur leichte Unterschiede auszumachen.

Daraus schlussfolgernd sind die organischen Strahlmittel und Hohlglaskügelchen nicht für die Reinigung von Edelputzoberflächen geeignet. Alle anderen wurden jedoch in die nächste Testreihe am zweiten Objekt aufgrund des anderen Putzgefüges nochmals einbezogen.

6.6.3.2 Testreihen am Wohnhaus Dinkelsbühler Steig Berlin

- Durchführung

Die vorläufige Auswahl von Strahlgütern aufgrund der Probereihe am Haus Amundsenstraße wurde am Haus Dinkelsbühler Steig weiter erprobt. (s. Abb. 407) Von zuvor elf Strahlgütern schieden drei (Weichstrahlmittel Nr. 5, Nuss A, Hohlgaskügelchen) aufgrund ihrer geringen Wirkungskraft aus. Die Wirkung der verbliebenen acht (s. Tabelle 35) auf das andere Putzgefüge (Besenspritzputz) wurde im weiteren kleinflächigen Test mit dem Mikrofeinsandstrahlgerät untersucht. Auf Grundlage dieser Ergebnisse sollten geeignete Strahlgüter für die großflächigen Probereihen mit den ausgewählten Strahlverfahren ermittelt werden.

Die Durchführung entsprach dem Vorgehen beim Anlegen der Probefelder am Haus Amundsenstraße. Aufgrund der beschriebenen Schadensbilder wurden möglichst noch intakte Putzbereiche für die Erprobung ausgewählt.



- Feld 1: Glasperlen Nr. 6
- Feld 2: Rubin 220
- Feld 3: Glaspudermehl RotoSoft mikrofein
- Feld 4: Glasbruch Nr. 100
- Feld 5: Strahlglaskorn Nr. 54
- Feld 6: Steinpudermehl JOS
- Feld 7: Glaspudermehl RotoSoft fein
- Feld 8: Granat Recycling

Abb. 407: Reinigungsergebnisse im Vergleich (je Felder-Paar übereinander von links nach rechts)

- Ergebnis

Aufgrund der geringen Schichtdicke (ca. 2 mm) und der partiellen Entfestigung des Besenspritzputzes am Haus Dinkelsbühler Steig erwies sich die Reinigung schon bei der Erprobung der Strahlmittel schwieriger als am ersten Objekt. Schon nach kurzer Bestrahlung wurde der feine, weichere, pigmentierte Bindemittelanteil heruntergearbeitet und nur die hellen, gröberen Zuschlagskörner blieben stehen. Das Ergebnis zeigte sich schnell als eine weißliche Oberfläche. Demnach musste hier im Vergleich zum Haus Amundsenstraße noch vorsichtiger gearbeitet werden. Auch die unebene Oberfläche des Spritzputzes erwies sich ähnlich schwierig zu bearbeiten wie die des Kratzputzes am Haus Amundsenstraße, die Ergebnisse waren dennoch befriedigend. Die Oberflächenbeschaffenheit wurde hier nach der Einstellung der geeigneten Strahlparameter weniger stark egalisiert. Eine homogene Farbigkeit der Oberfläche konnte auch bei unterschiedlich starken Verschmutzungen erreicht werden. Die Erprobung der einzelnen Strahlmittel bestätigte im Großen und Ganzen die Beobachtungen, die während der Testreihen am Haus Amundsenstraße gemacht wurden. Das Strahlglaskorn Nr. 54 erzielte auch hier nur punktuelle, unbefriedigende Ergebnisse und war schlecht zu handhaben. Der Reinigungsgrad der mit dem Steinpudermehl JOS erreicht werden konnte, war auch hier nicht ausreichend. Die restlichen sechs Strahlmittel erzielten gleichmäßige, gut wahrnehmbare Reinigungsergebnisse, bei denen man sich der ursprünglichen Farbigkeit wieder annähern konnte. Die Glasperlen Nr. 6 schieden aus, da sie 6-mal teurer sind als die anderen und somit ökonomisch gesehen für die großflächige Reinigung von ganzen Fassaden kaum in Frage kommen. Letztendlich fiel die Entscheidung auf zwei Varianten des künstlich mineralischen Glaspudermehls der Firma RotoSoft in verschiedenen Korngrößen („fein“ und „mikrofein“) und auf ein natürlich, mineralisches namens Granat Recycling.

6.6.3.3 Testreihe mit ausgewählten Strahlgütern und Geräten

Mit den in den Vorproben mittels Mikrofeinsandstrahlgerät ausgewählten drei Strahlgütern und den ausgewählten Geräten erfolgte nun die Erprobung der großflächigeren Reinigung an der Südwestfassade des Hauses im Dinkelsbühler Steig 6. Hier sollte vor allem die Gerätetechnik auf ihre Wirksamkeit, Eignung und Effektivität überprüft werden.

Nach ausgiebiger Angebotsrecherche verschiedener Firmen im Raum Berlin-Brandenburg überzeugte die Firma Sperling Reinigungstechnik GmbH⁴⁸⁹ im Preis-Leistungs-Verhältnis mit einer Kombination, bestehend aus einem gut transportierbaren Basis-Kessel (24 l) und zwei verschiedenen Düsen-Aufsätzen, eine mit und eine ohne Wirbelstrahltechnik. Die Düsen sind mit einer Wasserzufuhr kombinierbar. Dieses Angebot der Firma Sperling deckte einerseits die technischen Ansprüche unserer Geräteauswahl vollständig ab, andererseits war es möglich die Testflächen von einem Fachmann anlegen zu lassen, wodurch anfängliche Handhabungsfehler in der Bedienung der Maschinen vermieden werden konnten.

Mit den zu testenden Variablen Standard- oder Wirbelstrahl-Strahldüse, Trocken- oder Feuchtreinigung und den drei Strahlgütern ergaben sich zwölf Testflächen, die wir in einer Größe von ca. 40 x 40 cm anlegen ließen. Der Druck betrug durchgehend 0,1 bar. Der Abstand zwischen Düse und Oberfläche lag bei ca. 45 cm bei dem Trockenstrahlverfahren und ca. 20 cm bei dem Wirbelstrahlverfahren.

Insgesamt konnten die Ergebnisse der ausgewählten Techniken in Kombination mit den drei favorisierten Strahlgütern nicht überzeugen. (s. Abb. 408, Abb. 409 und Abb. 410)



Abb. 408: Reinigungsergebnisse

3bf: Granat Recycling mit Wirbelstrahl-Düse, feucht



Abb. 409: Reinigungsergebnisse

2bf: Glaspuder fein mit normaler Düse, feucht

2f: Glaspuder fein mit Wirbelstrahl-Düse, feucht

1f: Glaspuder mikrofein mit Wirbelstrahl-Düse, feucht

⁴⁸⁹ s. <http://www.sperling-reinigungstechnik.de>.



Abb. 410: Reinigungsergebnisse

- 1b: Glaspuder mikrofein mit normaler Düse, trocken
- 2b: Glaspuder fein mit normaler Düse, trocken
- 2: Glaspuder fein mit Wirbelstrahl-Düse, trocken
- 1: Glaspuder mikrofein mit Wirbelstrahl-Düse, trocken
- 3: Granat Recycling mit normaler Düse, trocken
- 3b: Granat Recycling mit wirbelstrahl-Düse, trocken

Bei der Durchführung zeigten sich bestimmte Eigenheiten der Düsen-Strahlgut-Kombinationen. Die Verarbeitung und das Ergebnis der beiden Glaspudermehle zeigten keine merklichen Unterschiede. Beide erzeugten mit Wirbelstrahl sowie normaler Düse eine leicht aufgehellte Putzfläche, die sich aber nicht ausreichend von dem umliegenden Zustand unterschied. Das Granat- Strahlgut fiel dagegen durch eine schlechtere Verarbeitungsqualität auf. Die Strahlpartikel erzeugten merklich mehr Staub und schien weniger effektiv.

Bei allen Strahlgütern war die Gefahr groß, dass bei der Bearbeitung der größeren Flächen Inhomogenitäten entstanden, die bis zu den bereits beschriebenen, weißlichen Bereichen führen konnten. In diesem Falle wurde schon zu viel des weichen, farbgebenden Bindemittels abgenommen. Diese Problematik bestand bei der normalen, wie auch der Wirbelstrahl-Technik. In den stärker mit Gipskrusten belasteten Bereichen war es noch schwieriger den Moment abzuspannen, an dem die verhärtete Oberfläche reduziert wurde, ohne eine starke Entfärbung zu erzeugen.

Ein Vorteil des feuchten Partikelstrahlverfahrens bestand in der Verhinderung einer Staubbelastung. Die Partikel wurden in schlammiger Konsistenz direkt auf der Oberfläche gebunden und in einem zweiten Arbeitsschritt mit fließend Wasser abgespült (s. Abb. 412). Danach waren makroskopisch keine Rückstände auf der Putzoberfläche feststellbar. Die Beurteilung der Flächen konnte allerdings erst später im abgetrockneten Zustand erfolgen. So hatte man auch keine Möglichkeit einer sofortigen Kontrolle des Oberflächenzustandes beim Arbeitsprozess.



Abb. 411: verwendetes Feinsandstrahlgerät



Abb. 412: Maßnahme Feuchtreinigung

Neben den Reinigungsergebnissen an sich ist zu sagen, dass der Transport der Maschine und dem benötigten Baustellenkompressor aufwendig und damit auch kostenintensiv ist. Zusätzlich benötigt man je nach Technik einen Wasseranschluss, dessen Verbindung genau wie Strom- und Luftzufuhr bis auf eventuelle, höhere Gerüstebenen verlegt werden muss. Die Hilfe bei der Bedienung der großen Maschine seitens eines geübten Fachmannes stellte sich als unumgänglich heraus, um möglichst gleichmäßig gestrahlte Flächen anzulegen.

- **Auswertung**

Dem Erfolg einer abrasiven Partikelstrahl-Reinigung eines gealterten Putzsystems mit vergipsten Bereichen stehen mehrere Gründe im Wege, die bei der Projektarbeit deutlich wurden. Häufig handelt es sich schon von vornherein um instabile, entfestigte Putzsysteme, die schon insgesamt kaum noch eine ausreichende Härte aufweisen. Die größte Problematik resultiert aber aus der Inhomogenität des Systems an sich. Schon im nicht gealterten Zustand besitzen die Komponenten Bindemittel, Zuschlag und Zusatzstoffe verschiedene Härten und Alterungseigenschaften. Besonders bei einem gealterten Putz ergibt sich daraus die Problematik, dass die Strahlpartikel die verschiedenen Komponenten verschieden stark abtragen. So wird das weichere und entfestigte Bindemittel, das auch einen Teil der farbgebenden Komponente darstellt, schneller abgearbeitet und der hellere Zuschlag bleibt stehen. Insgesamt ergibt sich so eine Gesamterscheinung, die mehr und mehr der Zuschlagsfärbung entspricht, also eher weißlich erscheint.

Die von der Technik und den Putzkomponenten abhängige Oberflächenstruktur erschwert die Reinigung zusätzlich. Die höher stehenden Bereiche werden bei der Bestrahlung stärker abgetragen und egalisieren das Putzprofil, wohingegen die Tiefen kaum oder teils gar nicht vom Strahlgut erreicht werden. So ergeben sich neben inhomogenen Reinigungsbildern, auch nicht mehr originalgetreue Oberflächen, die bei jedem einzelnen Putzbestand verschieden ausfallen.

Dadurch, dass die Verschmutzung außerdem nicht nur als Auflage auf dem System liegt, sondern bis zu einer gewissen Tiefe des Materials besteht, ist eine abrasive Reinigung definitiv nicht möglich, ohne einen gewissen Anteil des Originalbestandes zu entfernen. Bei den meisten Edelputzflächen handelt es sich häufig um sehr dünne Schichten, so dass schon der Abtrag von Millimetern einen zu großen Verlust darstellt. Gerade bei dünn angetragenen Besensspritzputzen, wie es im Dinkelsbühler Steig der Fall ist, kann dies zum partiellen Totalverlust führen. Der Unterputz liegt dann hier so gut wie frei.

Demnach wäre eine abrasive Reinigung mittels Partikelstrahlverfahren nur möglich, wenn die Verunreinigung als Sekundärschicht auf der originalen Oberfläche aufliegt, in das Putzsystem selbst nicht eingedrungen ist und es verfärbt hat. Zum Beispiel der Abtrag einer Farbschicht wäre denkbar. Des Weiteren gilt, je glatter die zu bearbeitende Oberfläche ist, desto weniger besteht die Gefahr die Struktur derselben zu egalisieren und ein inhomogenes Reinigungsergebnis zu erzielen.

Letztlich brachten die Versuche einen vergrauten bzw. verschwärzten Edelputz mittels Partikelstrahlverfahren zu reinigen keine positiven Ergebnisse. Folglich muss über alternative Möglichkeiten nachgedacht werden, die weniger abrasiv wirken und trotzdem eine schonende, tiefergehende Reinigung des Putzsystems zu lassen.

Die am Haus **Dinkelsbühler Steig** durchgeführten Reinigungsversuche brachten zwar einen nachweislichen Reinigungserfolg, jedoch war dieser nicht so groß, dass sich diese Verfahren für die Reinigung eines solchen Objektes wirklich anbieten würden, zumal die geringe Schichtdicke einen stärkeren Oberflächenabtrag verbietet. Entscheidend für die Abrasivität war hier weniger die Auswahl des Strahlguts als der beim Strahlen eingehaltene Abstand zur behandelten Oberfläche.

Die Nassreinigung war dabei insgesamt schonender als die trockenen Verfahren. Stärkere Verschmutzungen oder Verkrustungen konnten jedoch nicht beseitigt werden, so dass mit diesen Methoden insgesamt kein homogenes Ergebnis zu erwarten ist.

Deutlichere Reinigungserfolge zeigten sich bei dem 1 cm dicken Kratzputz des Hauses Amundsenstraße 38. Allerdings ist auch hier eine sichtbare Oberflächenaufrauung zu beobachten gewesen, desweiteren werden die Kiesel des Kratzputzes stärker aus ihrem Bett „gehoben“, so dass die Fassade insgesamt durch die Strahlung etwas erosionsanfälliger wird. Aufgrund der höheren Schichtdicke und der noch relativ hohen Festigkeit des Putzes fällt dieser Umstand jedoch nicht so stark ins Gewicht.

Je nach Putzstruktur zeigen die Reinigungserfolge auch hier jedoch Unterschiede: der feingekörnte Kratzputz an den Pilasterbändern erreicht durch die Reinigung eine stärkere Aufhellung als z.B. der grob gekörnte Kratzputz der Hauptflächen.

Weiterhin wurde geprüft, wie die Reinigungsverfahren optimiert werden könnten (z.B. durch den Einsatz von speziellen, biologisch unbedenklichen chemischen Zusätzen).

Bei sehr geringen Schichtdicken des Oberputzes ist jedoch ebenfalls in Betracht zu ziehen, die mineralische Oberfläche durch vollflächiges Auftragen einer Putzschlämme wiederherzustellen und gleichzeitig leicht zu verfestigen - eine ausreichende Tragfähigkeit des Unterputzes vorausgesetzt.

6.6.3.4 Testreihe an Edelputzschollen

- Beschreibung der Proben

Für die Probeflächen standen sieben Putzschollen von verschiedenen Objekten zur Verfügung. Davon stammen vier Schollen von einer Villa in der Bergengruenstraße. (s. Abb. 413-Abb. 431) Es handelt sich um einen ursprünglich weißen, ca. einen Zentimeter starken Kratzputz. Die Testreihe wurde außerdem an drei verschiedenen Kratzputz-Proben vom Haus Amundsenstraße durchgeführt. Die Oberflächen der sieben Putzschollen sind vergraut, wodurch die buntfarbigen Zuschlagskörner und die ursprüngliche Farbigkeit stark beeinträchtigt werden. Des Weiteren sind die Schollen leicht abgewittert, jedoch stabil genug, um die Belastungen einer Reinigung zu überstehen.

Voruntersuchungen Verunreinigung Probeplatten

Die zu reinigenden Putzschollen wurden im ersten Arbeitsschritt fotografisch dokumentiert und auf eine Gipsbelastung hin mikrochemisch untersucht.⁴⁹⁰ Die Tests waren bei allen Schollen positiv, wodurch diese sich für die folgenden Testreihen eigneten.

- Testreihe 1 Hirschhornsalz-Gel-Rezept nach Marko Götz

Das Rezept wurde nach dem Vornässen mit destilliertem Wasser, je einmal mit und einmal ohne Tensid-Zusätze, in Abständen von 15, 60 Min. und 4 Tagen auf der Probescholle 1 und 3 (Amundsenstraße), und 6 (Bergengruenstraße, s. Abb. 415-Abb. 418) angewendet. Die Mischung ließ sich mittels Spatel gut antragen. Bei der 4-tägigen Einwirkzeit erfolgte zum Feuchthalten der Kompressen-Gel-Mischung die Abdeckung mit PE-Folie. Diese wurde zum Abtrocknen der Masse einen Tag vor Ende der Einwirkzeit entfernt. Die Masse ließ sich im vollständig abgetrockneten Zustand relativ gut abziehen (s. Abb. 418). Bei nicht vollständiger Durchtrocknung aufgrund der kurzen Einwirkzeiten ließ sich die gelige Masse nur schlecht von der Oberfläche lösen. Sie schmierte stark und Gelreste verblieben in den Putztiefen, die nur mit Bürste und fließendem Wasser entfernt werden konnten.

Die Reinigungsergebnisse der kurzen Einwirkzeiten (15, 60 min.) zeigten zwar schon leicht aufgehellte Flächen, die jedoch nicht ausreichend erschienen (s. Abb. 419). Die Ergebnisse nach der 4-tägigen Einwirkzeit waren hingegen sehr befriedigend. (s. Abb. 420) Die Vergrauung der Oberfläche ist vollständig verschwunden. Die ursprüngliche Farbigkeit des Bindemittels und der Zuschläge wurde annähernd wieder

⁴⁹⁰ Zur Prüfung auf Vergipsung erwärmt man einen Teil der Probe in verdünnter Salzsäure und beobachtet eine eventuelle Kristallbildung unter dem Mikroskop. Lässt sich eine Bildung von typischen schwalbenschwanzförmigen Gipskristallen ausmachen, so ist der Test positiv.

hergestellt. Die Edelputz-Oberfläche zeigt wieder ihr charakteristisches Erscheinungsbild. Es sind auch keine Weißschleier auszumachen.



Abb. 413: Scholle 6 Vorzustand



Abb. 414: Scholle 6 Detailaufnahme Vorzustand



Abb. 415: Scholle 6: angetragenes wässriges-neutrales Gel



Abb. 416: Scholle 6: Antragen des Hirschhornsalz-Gels



Abb. 417: Scholle 6: abgetrocknetes Hirschhornsalz-Gel



Abb. 418: Scholle 6: Abnahme des Hirschhornsalz-Gels



Abb. 419: Scholle 6 erstes Reinigungsergebnis (Hirschhornsalz-Gel)



Abb. 420: Scholle 6 Endzustand (Hirschhornsalz-Gel)

- **Testreihe 2 Hirschhornsalz-Pasten-Rezept modifiziert von Marko Götz nach Sara Larisch**

Die von Marko Götz modifizierte Paste mit Zusätzen an Bentonit und Leichtzuschlägen (Perlite) wurde auf Scholle 9 mittels sechs verschiedener Testflächen erprobt (s. Abb. 421 und Abb. 422). Der Auftrag der Paste erfolgte nach dem Vornässen je einmal mit und ohne Tensid-Zusatz für 15 Minuten, 60 Minuten und 4 Tage. Die Masse ließ sich gut mit dem Holzspachtel auf- und abtragen. Für die viertägige Einwirkungszeit wurden die Flächen mit PE-Folie abgedeckt und einen Tag vor der Abnahme zur Abtrocknung der Paste wieder aufgedeckt.

Die Reinigungsergebnisse waren hier wenig zufriedenstellend. (s. Abb. 423-Abb. 425) Zwar wurde eine partielle Reinigung und Aufhellung der Oberfläche erreicht, aber eher unregelmäßig und kaum in den Tiefen des Putzprofils. Dies ist vermutlich auf die Trägerstoff-Rezeptur zurück zu führen. Die Leichtzuschläge senkten die Haftung und den Kontakt der Paste zur Oberfläche, so dass der chemische Prozess gehemmt wurde. Auch drang das Material beim Antragen wohl nicht so stark in die Tiefen des Putzprofils ein, weil die Leichtzuschläge vermutlich eine zu große Körnung aufwiesen.



Abb. 421: Scholle 9: Antragen der Hirschhornsalz-Paste



Abb. 422: Scholle 9: angetragene Hirschhornsalz-Paste



Abb. 423: Scholle 9 Vorzustand (Hirschhornsalz-Paste)



Abb. 424: Scholle 9 erstes Reinigungsergebnis (Hirschhornsalz-Paste)



Abb. 425: Scholle 9 Endzustand (Hirschhornsalz-Paste)

- **Testreihe 3 Ionenaustauscher-Pasten-Rezept nach A. Will & F. Herlyn**

Die Ionenaustauscher-Paste (Powdex) wurde auf den Schollen 1, 3 und 10 angewendet. (s. Abb. 426-Abb. 431). Auf diesen wurden je zwei Testflächen angelegt, je eine mit einem Tag und eine mit 4 Tagen Einwirkungszeit. Vorher wurde mit destilliertem Wasser vorgesennt. Die zähe Paste ließ sich gut mit einem Holzspachtel auftragen. Für die viertägige Einwirkungszeit wurden die Flächen mit PE-Folie abgedeckt und einen Tag vor der Abnahme zur Abtrocknung der Paste wieder aufgedeckt.

Da die Paste nach einem Tag noch nicht ganz durchgetrocknet war, ließ sie sich nur zäh und schmierig von der Oberfläche lösen. Dies verbesserte sich durch eine Erhöhung der Trocknungsphase. Durch eine abschließende ausführliche Nachreinigung mit Bürste und fließendem Wasser konnte die Oberfläche gut von Pastenresten befreit werden.

Die getrockneten Testflächen zeigten ein überzeugendes Reinigungsergebnis und kommen dem ehemaligen Erscheinungsbild des Edelputzes wieder sehr nahe. Die weiße Farbigkeit der Putzoberfläche wurde wiederhergestellt. Die Zuschlagskörner wurden nicht zu stark im Mörtelbett freigelegt und sind in ihrer charakteristischen Farbigkeit wieder gut erkennbar. Dabei erschienen die Ergebnisse der beiden verschiedenen Einwirkungszeiten mit einem und vier Tagen sehr ähnlich. Allein die Tiefen scheinen mit der viertägigen Einwirkungszeit in bestimmten Bereichen etwas besser erreicht worden zu sein (s. Abb. 431).



Abb. 426: Scholle 10: Antragen der Ionenaustauscher-Paste



Abb. 427: Scholle 10: angetragene Ionenaustauscher-Paste mit Abdeckung aus PE-Folie



Abb. 428: Scholle 10: halb durchgetrocknete Ionenaustauscher-Paste



Abb. 429: Scholle 10: durchgetrocknete Ionenaustauscher-Paste



Abb. 430: Scholle 10 Vorzustand (Ionenaustauscher-Paste)

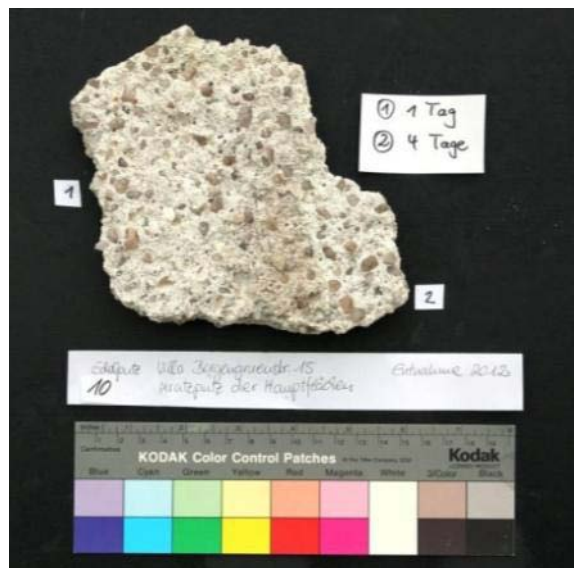


Abb. 431: Scholle 10 Endzustand (Ionenaustauscher-Paste)

- **Testreihe 4 ILKA Bio-Steinreiniger-Konzentrat**

Das Fertigprodukt ILKA Bio-Steinreiniger wurde auf Scholle 8 mit drei verschiedenen Konzentrationen und je 15 Minuten Einwirkzeit erprobt (s. Abb. 432 und Abb. 433). Letztere wird in der Gebrauchsanweisung empfohlen. Auf der ersten Fläche erfolgte der Auftrag des Konzentrats pur, auf der zweiten und dritten als Mischung mit destilliertem Wasser, einmal im Verhältnis 1:1 und einmal 1:10. Das Konzentrat ließ sich gut mit einem Pinsel auftragen, schäumte und drang gut in die Oberfläche ein. Nach der fünfzehnminütigen Einwirkzeit wurde mit Hilfe einer Bürste unter fließendem Wasser das Material von der Putzoberfläche abgewaschen. Unter Schäumen ließ es sich mit bloßem Auge gut entfernen, allerdings sollte man zur Überprüfung eventueller Rückstände mikrochemische Untersuchungen durchführen.

Im abgetrockneten Zustand wiesen alle drei Probeflächen lediglich minimale Reinigungseffekte auf, die vermutlich schon allein die Nachreinigung mit Wasser und Bürste bewirkt haben könnte (s. Abb. 435).



Abb. 432: Scholle 8: Antragen des ILKA Bio-Steinreinigers



Abb. 433: Scholle 8: schäumender ILKA Bio-Steinreiniger



Abb. 434: Scholle 8 Vorzustand (ILKA Bio-Steinreiniger)



Abb. 435: Scholle 8 Endzustand (ILKA Bio-Steinreiniger)

- **Auswertung**

Bei den durchgeführten Testreihen anhand der verschiedenen Putzschollen haben sich das Hirschhornsalz-Gel-Rezept und das Ionenaustauscher-Pasten-Rezept mit Einwirkungszeiten von einem und vier Tagen am besten bewährt. Die Verunreinigungen auf den Putzoberflächen konnten deutlich reduziert werden. Die ursprüngliche Oberflächenerscheinung wurde in ihrer Farbigkeit und Struktur wieder annähernd hergestellt. Diese Wirkstoff-Trägermaterial-Systeme sollen im Folgenden mit Einwirkzeiten von einem und vier Tagen auf einer Edelputzfläche unter realen Witterungsbedingungen an einem Objekt (Haus Waldstraße 25) getestet werden.

- **Testreihe am Haus „Waldstraße“**

Das Haus in der Waldstraße 25 wurde in den 1930er Jahren erbaut. Die Architekturoberfläche ist mit einem rötlich-ocker durchgefärbten Edelputz mit einer sehr großen Anzahl von Glimmerpartikeln gestaltet. Dieser ist in Besenspritztechnik ausgeführt. Heute zeigt sich eine leicht abgewitterte, etwas absandene Putzoberfläche, die großflächig starke Verunreinigungen in Form von grau-schwarzen Ablagerungen sowie in den Übergängen zum Sockelbereich krustenartige Verschwärzungen aufweist. Des Weiteren sind Risse, Hohl- und Fehlstellen sowie nicht materialgerechte Ergänzungen zu verzeichnen.

Durchführung und Auswertung

Als erstes wurde auch hier eine kleine Probe der Putzoberfläche auf mikrochemisch auf Gipsbelastung getestet. Der Nachweis fiel positiv aus. Im zweiten Arbeitsschritt wurden drei ca. 20x20 cm große, mit destilliertem Wasser vorgehängte Probeflächen mit drei verschiedenen Reinigungsmethoden angelegt. Die Powdex-Paste und das Hirschhornsalz-Gel-Rezept (s. Abb. 438) nach Marko Götz wurden mit einer 4-tägigen Einwirkzeit, die sich bei der Beprobung der Putzschollen am effektivsten bewährte, getestet. Zur anfänglichen Einschätzung der Reaktion dieses Putzsystems wurden beide Rezepte zusätzlich mit einer Reaktionszeit von einem Tag angelegt. Aufgrund der bestehenden wechselhaft feuchten Witterung bei ca. 15 °C erfolgte keine Abdeckung der Testflächen mit PE-Folie, damit die Mischungen bei der Abnahme möglichst abgetrocknet sind. Die Abnahme der Pasten nach einem Tag erwies sich wie auch schon bei den Putzschollen als erschwert, da diese noch nicht abgetrocknet waren. Eine gründliche Nachreinigung mit Bürste und fließendem Wasser musste erfolgen. Die Gelrückstände des Hirschhornsalz-Gels ließen sich trotzdem nur unvollständig beseitigen (s. Abb. 439). Das Entfernen der Paste bzw. des Gels nach vier Tagen war wesentlich erfolgreicher. Die Powdex-Paste war soweit abgetrocknet, dass sie sich schon allein von der Putzoberfläche löste. Sie ließ sich in einem ganzen Stück entfernen und es blieben auch kaum Reste auf der Oberfläche zurück. Das Gel ließ sich ebenfalls gut abziehen. Rückstände konnten leicht mit Bürste und Wasser entfernt werden. Besonders auffällig war, dass absandende Putzpartikel mit entfernt wurden. (s. Abb. 440-Abb. 441) Dies könnte dazu beigetragen haben, dass die Pasten sehr gut entfernt werden konnten.

Die Putzoberfläche sah trotzdem nicht abgetragen oder anderweitig beschädigt aus. Das Tiefenprofil der Besenspritzputztechnik war nach wie vor gut erhalten und trotzdem waren auch die Tiefen ebenso wie der Rest sehr gut gereinigt. Die grau-schwarzen Verunreinigungen wurden gut entfernt und die Oberfläche des Edelputzes mit seinen charakteristischen Eigenschaften, wie Farbe und Zuschlag, war wieder gut nachvollziehbar (s. Abb. 442).

Zum Vergleich erfolgte bei der Nachreinigung mit Wasser und Bürste eine dritte Probefläche, die nur mit ebendiesen Mitteln bearbeitet wurde. Es zeigte sich, dass die Verschmutzung auch mit dieser Methode sehr gut entfernt werden konnte. Im abgetrockneten Zustand wurde noch deutlicher, dass die rein wässrige Methode einen ähnlich starken Reinigungseffekt erzielte, wie die beiden chemischen. Die Flächen der chemischen, im Besonderen die mit Hirschhornsalz gereinigte Fläche, erschienen weißlicher. Dies könnte auf einen zurückbleiben Kalkschleier, auf eine chemische Veränderung des pigmentierten Bindemittels oder auch auf das längere Einweichen in Verbindung mit dem darauf Folgenden Abwaschprozess zurückzuführen sein. Dieses Phänomen sollte chemisch und mikroskopisch genauer untersucht werden. Bei der Reinigung mit Bürste und Wasser sind keinerlei weißliche Verfärbungen auszumachen. Eventuell wurde hier das Bindemittel aufgrund der kurzen, einmaligen Belastungsphase weniger aufgeweicht und weniger abgetragen.

Abschließend ist festzustellen, dass an diesem Objekt die wässrige Reinigung mit Hilfe einer Bürste ggf. ausreichend zufriedenstellend wäre (s. Abb. 442). Chemische Methoden zur Gipsumwandlung müssten höchstens an den stärker vergipsten Bereichen am Übergang zwischen Sockel- und Wandzone zur Hilfe genommen werden. Trotzdem erbrachte die letzte Testreihe zu den chemischen Methoden weitere Ergebnisse zur Handhabung und zum Verhalten im Außenbereich.



Abb. 436: Haus Waldstraße, Schöneiche bei Berlin



Abb. 437: Vorzustand Probefläche



Abb. 438: Hirschhornsalz-Gel auf der Probefläche



Abb. 439: Hirschhornsalz-Gel –Rückstände auf Probefläche nach Reinigung



Abb. 440: abgetrocknetes Hirschhornsalz-Gel nach Abnahme mit verbleibenden Putzresten



Abb. 441: abgenommene Putzpartikel in dem abgetrockneten Material



Abb. 442: Vergleich der Ergebnisse der drei Reinigungsmethoden (von oben nach unten):

Hirschhornsalz-Gel

Ionenaustauscherpaste

Reinigung lediglich mit Wasser und Bürste

- **Zusammenfassung chemische Reinigungsmöglichkeiten und Ausblick**

Die Wirkstoffe Hirschhornsalz und Ionenaustauscher kommen durchaus für die Reinigung von Edelputzflächen mit Gipsbelastung in Frage. Da sich teilweise bei der Anwendung von Hirschhornsalz weiße Schleier auf den Probeflächen (Wohnhaus Schöneiche) zeigten, sollte dieses Phänomen noch genauer naturwissenschaftlich untersucht werden. Vielleicht kann diesem auch durch die Einhaltung bestimmter Parameter (z.B. Einwirkzeit, Intensität Nachreinigung, Kompressenzusammensetzung) vorgebeugt werden. Außerdem sollten die gereinigten Oberflächen auch auf eventuelle schädliche Rückstände von Umwandlungsprodukten (z.B. Ammoniumsulfat) oder von den Materialien selbst mikrochemisch überprüft werden.

Des Weiteren zeigte sich während der Anwendung der Rezepturen, dass diese immer jeweils auf die zu behandelnde Oberfläche individuell angepasst werden müssen. Es existiert keine allgemein gültige Rezeptur für alle Oberflächen. So sollten die von uns angewendeten Pasten ggf. genauer modifiziert werden. Auch im Hinblick auf eine möglichst einfache Herstellung und Anwendbarkeit der Kompressen- bzw. Pastensysteme in der Baustellenpraxis zur Reinigung großer Flächen müssen noch weitere Untersuchungen folgen.

Da das Fertigprodukt ILKA-Bio-Steinreiniger laut Herstellerempfehlung auch mit einem Dampfstrahlgerät angewendet werden kann, könnten außerdem zu diesem Produkt weitere Testreihen mit unterschiedlichen Parametern (z.B. Einwirkzeit, Konzentration) erfolgen. Zuvor sollten aber auch hier mikrochemische Test über mögliche schädliche Inhaltsstoffe durchgeführt werden.

6.7 Fachrecherche Hinterfüllmaterialien

Sowohl Stein- als auch Edelputze können auf Grund ihres z.T. mehrschichtigen Auftrags sowie ihrer Adhäsion bzw. Verklammerung und Haftung auf einem Trägermauerwerk Schalen und Hohlstellen bilden. Dieses Schadbild kann Maßnahmen zur Hinterfüllung (Verfüllung, Injektage, Injektierung) nach sich ziehen, bei denen durch nachträgliche Bindemittelzufuhr in den geschädigten Bereich die voneinander gelösten Materiallagen wieder kraftschlüssig miteinander verbunden werden.

Derartige Schäden treten auf, wenn die chemisch-physikalischen Eigenschaften der einzelnen lateralen Schichten einschließlich des Trägers sprunghafte oder zumindest schadensträchtige Profilverläufe zeigen. Häufig finden sich derartige Schäden an den mehrlagigen Steinputzen, deren zementgebundene, starre Deckschicht hohe Eigenfestigkeiten und hohe Dilatationswerte im Vergleich zum Unterputz aufweist. An Edelputzen tritt Schalenbildung im Unterschied zu Steinputzen in der Regel nur bei erhöhten Feuchte und Salzbelastungen auf (Adhäsionsversagen hier häufiger als Kohäsionsversagen), da es in der Zone des jeweiligen Materialwechsels zur Anreicherung von Feuchtigkeit und Salz kommt.

6.7.1 Methodik und Strukturierung

Auf Grund der begrenzten Ressourcen zur Bearbeitung dieses Teilbereiches wurde das Thema auf ausschließlich theoretischer Basis mittels Literaturrecherche bearbeitet. Im Ergebnis wurde eine umfangreiche synoptische Übersicht vorgelegt, die die Eigenschaften und Einsatzgebiete sowohl konfektionierter - also marktüblicher - Hinterfüllmaterialien als auch Baustellen gemischter Rezepturen betrachtet. Dabei wurde soweit möglich die gesamte Bandbreite der relevanten Bindemittel untersucht: Kalk, dispergiertes Weißkalkhydrat, Zement bis hin zu Kieselsäureestern und Kunstharzen.

Spalte	Thema
1	Angaben zu Bindemittel und Wirkungsweise
2	Chemische Bezeichnung
3	Handelsname/n
4	Zuschläge, Zuschlagstoffe
5	Zusatzmittel
6	Mischungsverhältnis
7	Vorteile
8	Nachteile
9	Applikationstechniken
10	Objektbeispiel
11	Quellenangaben

Tabelle 36: Strukturierung der Datentabelle

Die tabellarisch zusammengefasste Übersicht der Hinterfüllmaterialien sowie das dazugehörige Literaturverzeichnis sind im Anhang zusammengestellt.

6.7.2 Bewertung

Es war nicht das Anliegen dieser Recherche, mögliche Favoritensysteme zu benennen, um so mehr unter Berücksichtigung der allgemeinen Anforderungen an Hinterfüllmaterialien eine Optimierung zahlreicher Systeme für den Einsatz an Edel- oder Steinputzfassaden grundsätzlich möglich ist. Für die Datenerhebung problematisch waren die inhomogenen Daten, die zu den Einzelmaterialien zur Verfügung standen; so basiert die Auswertung teilweise auf Produktdatenblättern der jeweiligen Hersteller, Fachpublikationen oder Restaurierungsberichten als grauer Literatur, in denen die jeweilige Informationstiefe sehr unterschiedlich war.

Es konnte insgesamt festgestellt werden, dass die Zahl der verfügbaren Produkte und Rezepturen sich in den vergangenen 10 Jahren vervielfacht hat; die Vielfalt sowohl der konfektionierten als auch der baustellengemischten Materialien steigt auch derzeit kontinuierlich.

Das Bindemittel Kalk wird schon seit Jahrhunderten als allgemeine Reparaturmasse verwendet und hat auch als Hinterfüllmaterial durch seine chemische Verwandtschaft zum historischen Putz und positive Langzeiterfahrungen eine grundsätzliche Einsatzberechtigung. Trotz langer Aushärtezeiten und der damit verbundenen Durchfeuchtung der Umgebung, ist Kalk dem historischen Putz als Edel- oder Steinputz in seinen Eigenschaften ähnlich. Durch das immer häufiger anzutreffende Dispergieren der Kalkagglomerate wurden die Eigenschaften des Weißkalkhydrates erheblich verbessert. Wie auch der historische Kalkmörtel ist das dispergierte Weißkalkhydrat hinsichtlich der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Originalsubstanz ähnlich, was einen nicht davon entbindet, Vorversuche zur genauen Rezeptierung zu machen.

Spezialzemente haben sich im Laufe der vergangenen Jahre bei vielen Hinterfüllungen bewährt. Die Verarbeitung ist relativ einfach und das Produkt ist vielseitig einstellbar. Nachteile finden sich meist in den zu hohen Endfestigkeiten; der E-Modul der zementgebundenen Massen entspricht ebenso in den meisten Fällen nicht dem des historischen Putzes.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Materialien können Langzeituntersuchungen zu Kieselsäureestern (KSE) als organisch-anorganisches Bindemittel für Hinterfüllmassen noch nicht abschließend bewertet werden. Vorliegende Erfahrungsberichte sind jedoch in vielen Fällen positiv. KSE zeichnet sich durch eine hohe Witterungsbeständigkeit und sehr gute Wasserdampfdurchlässigkeit aus. Weiterhin wird sein gutes Fließverhalten und die gute Haftung, vor allem an mineralischen Oberflächen, beschrieben. Der größte Nachteil von KSE ist eine häufig auftretende Schwundrissneigung. Dies führt zu Einschränkungen bezüglich der Rissüberbrückung und damit der Hohlstellengröße.

Kunsthharze als organisches Bindemittel für Hinterfüllmassen sind bei hochporösen Substraten in der Regel problematisch. Effekte wie Glanzbildung, dunkle Ränder und Höfe sind häufige Begleiterscheinungen; zu hohe Endfestigkeiten und bereichsweiser Porenverschluss können auftreten.

6.8 Nachstellung – Überblick zu den durchgeführten Arbeiten

Nachstellungsversuche zu Edel- und Steinputzen waren auf unterschiedliche Weise in das Projekt eingebunden.

So wurden einerseits ausgehend von den Untersuchungsergebnissen der naturwissenschaftlichen Untersuchungen (s. Kapitel 5.3) verschiedenfarbige Putzproben für Nachstellungsversuche ausgesucht. Die Auswahl umfasste einen gelben, blauen und roten Edelputz in der Technik des Münchener Rauputzes aus der Hufeisensiedlung in Berlin-Britz sowie verschiedene ockerfarbene Edelputze in Kratz- und Spritzputztechnik von Einzelbauten aus Berlin und Brandenburg. Die Versuchsreihe zu den Putzen der Hufeisensiedlung wurde im Rahmen des Projekts durchgeführt. Hierbei sollten zur Annäherung an den Bestand durch schrittweise erhöhte Pigmentzugaben jeweils 10 Farbnuancen hergestellt werden.

In ihrer Facharbeit beschäftigte sich **Anke Hirsch**⁴⁹¹ bereits mit dem Ziel der Herstellung eines Ergänzungsputzes am Landhaus Abraham in Groß Glienicke. Hierzu wurden zunächst die Werk trockenmörtel zweier Firmen (Fa. Sakret, Fa. Weber-Maxit) getestet. Diese wurden nach Vorlage der Putzanalyse und einer Putzprobe des Bestandsputzes aus dem Jahre 1929 von den Firmen jeweils freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Die Mörtel entsprachen aufgrund ihrer Vergütungen jedoch eher nicht dem Originalmaterial, so dass außerdem eine Baustellenmischung erprobt wurde, welche recht schnell zu einem befriedigenden Ergebnis führte. Aus unterschiedlichen Gründen waren die Eigenschaften der Werk trockenmörtel an diesem Objekt jedoch durchaus erwünscht und in diesem speziellen Fall nicht störend, so dass diese nach einer farblichen Feinabstimmung bei der Restaurierung des Gebäudes zum Einsatz kamen.

Hirsch führte in ihrer Diplomarbeit⁴⁹² die Versuche zur Nachstellung historischer Edelputze an sieben Gebäuden im Raum Berlin-Brandenburg fort. Die zuvor erfolgten naturwissenschaftlichen Untersuchungen an Proben der Bestandsobjekte bildeten die Grundlage für die Entwicklung der einzelnen Ergänzungsmörtelrezepturen. Die Ergänzungsputze wurden vorwiegend in ihren optischen Eigenschaften an die Bestandsputze angepasst. Sie enthielten ausgesuchte Sande, natürlich hydraulisches Weißkalkhydrat und Pigmente der Firma Kremer. Die Ausführung und der Vergleich erfolgten über Probeplatten.⁴⁹³

Das thematische Gegenstück zu den Edelputzen bildete die im Rahmen der Facharbeit und der Diplomarbeit von **von Anja Idehen**⁴⁹⁴ erarbeitete Modifizierung eines Nachstellungsmörtels für die Steinputzflächen am **Pergamonmuseum** Berlin.

In ihrer Facharbeit erfolgt eine beispielhafte Nachstellung von eigengemischten und werkfertigen Trockenmörteln zur Kenntniserlangung über den Werkstoff Steinputz und dessen Verarbeitungseigenschaften. Bei der Herstellung von sechs selbst angemischten Mörteln offenbarte sich im Besonderen die Schwierigkeit, geeignete Zuschlagsstoffe zu beschaffen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts hatte sich die Industrie für Terrazzo- und Betonwerksteinherstellung stark spezialisiert und bot eine enorme Vielfalt an Natursteingranulaten an, welche heute kaum mehr reproduzierbar sind, da viele Steinbrüche nicht mehr in Betrieb oder durch weiteren Abbau verlagert worden sind und nicht mehr die gleichen Varietäten abbauen. Des Weiteren konnte bei der nachträglichen steinmetzmäßigen Bearbeitung der verschiedenen Mörtelrezepturen festgestellt werden, dass diese je nach Art des Zuschlags positiv oder negativ beeinflusst wird (vgl. Kap. 3.1). Die werkfertigen Trockenmörtel der Firma Saint-Gobain Weber ließen sich relativ schwer behauen.⁴⁹⁵

⁴⁹¹ s. Hirsch (2010/11).

⁴⁹² s. Hirsch (2011/12).

⁴⁹³ Vgl. Hirsch (2011/ 12), S. 52 ff.

⁴⁹⁴ s. IDEHEN (2010/11) und IDEHEN (2011/12).

⁴⁹⁵ Vgl. Idehen, Anja (2010/ 11), S. 49 ff.

A. Idehens Diplomarbeit baut auf die in der Facharbeit gewonnenen Kenntnisse auf. Der Schwerpunkt liegt in der Modifizierung der Rezeptur für einen Ergänzungsmörtel für den grau-blauen, geschliffenen Steinputz des Pergamonmuseums. Des Weiteren erstellt A. Idehen auch ein Restaurierungskonzept, jedoch ohne Muster in situ ausführen zu können. Da Steinputz im Gegensatz zu Edelputz als Bindemittel Zement enthält und demnach weitaus härter ist, soll die Reinigung mittels Sandstrahlverfahren erfolgen. Für die Rissinjektion bzw. für das Hinterfüllen von Hohlstellen werden mineralische Mikrozementsysteme aus ultrafein vermahlenem Portland- oder Hüttenzement mit geeigneten Zuschlägen und Zusatzstoffen (Luftporenbildner) empfohlen. Geschichtsträchtige Einschusslöcher sollen bestehen bleiben bzw. konserviert werden, während andere Fehlstellen mit dem entwickelten Ergänzungsmörtel möglichst materialidentisch zu schließen sind.⁴⁹⁶

Insgesamt zeigten die Arbeiten, dass es prinzipiell möglich ist, Ergänzungsputze in Farbigkeit und Struktur individuell durch Baustellenmischung an den Bestandsputz anzupassen, jedoch muss davon Abstand genommen werden, dass dies mit heutigen „modernen“ Werk trockenmörtelmischungen ohne die Ausführung durch einen Restaurator o. ä. erfolgreiche Ergebnisse erzielt wird. Des Weiteren wird die Ergänzung aufgrund ihres unbewitterten Erscheinungsbildes in ihrer Struktur und Materialität zumindest zeitweilig lesbar sein. Von der Vorstellung, den Altbestand so gut reparieren zu können, dass die Fassadenoberfläche wie neu verputzt aussieht, muss Abstand genommen werden.⁴⁹⁷

6.9 Nachstellung von Edelputzen

6.9.1 Putze der Hufeisensiedlung

Da die Erstellung eines in allen Eigenschaften identischen Mörtels aufgrund der schwer bestimmbareren Herkunft und unterschiedlichen Qualitäten der Rohstoffe nicht realisierbar ist, sollte ein Ergänzungsputz hergestellt werden, der sich in seiner materiellen Zusammensetzung dem Original anpasste sowie sich in Farbigkeit und Oberflächentextur dem historischen Original annäherte.

Ein weiteres Hauptaugenmerk lag auf der Vereinfachung der Herstellung/Produktion des Reparatur- bzw. Ergänzungsmaterials. Mit der Reduzierung der Zutaten auf einfach zu beschaffene und zu verarbeitende Rohstoffe wurde ein weiteres Kriterium zur Stoffauswahl gegeben.

Zum Vergleich des Einflusses verschiedener Prozentmengen Pigmentzusatz auf physikalische und optische Eigenschaften eines Edelputzes, wurde die Menge herzustellender Vergleichsprobeflächen und Probekörper auf zehn je Farbton (blau, rot, gelb/ocker) festgelegt.

6.9.1.1 Zusammenfassung Untersuchungsergebnisse

Zur Ermittlung der Rezepturen wurden folgende Untersuchungsberichte ausgewertet:

- 1) Detlef G. Ullrich, Bericht Putzuntersuchungen Hufeisensiedlung Berlin-Britz. GWD-Bericht Nr. 12004-1, Putzanalyse der Proben Huf 01, Huf 02 und Huf 06, 2010.
- 2) Detlef G. Ullrich, Bericht Putzuntersuchungen Hufeisensiedlung Berlin-Britz. GWD-Bericht Nr. 12004-1, Putzanalyse alter Oberputze aus der Onkel-Bräsig-Str 135-143 (rot und gelbockerfarben) und neu aufgetragener restaurierungsputze Jochen-Nüssler-Str. (weiß, gelb, rot und blau), 2002.
- 3) Karol Bayer, Johannes Weber, Licht- und Elektronenmikroskopische Untersuchungen an 5 Putzproben (Huf 01, Huf 02, Huf 06, WS 01, AdK 01), 2012.
- 4) Steffen Laue, DBU-Projekt Edel- und Steinputze. Naturwissenschaftliche Analysen - vorläufiger Untersuchungsbericht, 19 Edel- und Steinputzproben, 2011.

⁴⁹⁶ Vgl. Idehen, Anja (2011/ 12), S. 97 ff.

⁴⁹⁷ Vgl. Ebenda, S. 104.

Untersuchungsergebnisse:

Bezeichnung		Untersuchung augenscheinlich		
Probe Nr.	Schicht	Farbe	Oberfläche	Putzstärke/mm
Huf 01	Oberputz	rot	Kratzputz	3
(Nr. 1202)	Unterputz			10
Huf 02	Oberputz	gelb	Kratzputz, einzelne Kiesel	1-2
(Nr. 1203)	Unterputz			15
Huf 03	Oberputz	rot (ziegelrot)	rel. glatter Putz	3
(Nr. 1209)	Oberputz	rot (dunkelrot)		
	Unterputz			30
Huf 05	Oberputz	blau	Madenputz / Kiesel	4-5
(Nr. 1205)	Unterputz			5-10

Naturwissenschaftliche Analyse (Steffen Laue / FHP)

Probe Nr.	Putzstärke/mm (mikroskop.)	Bindemittel (PolMik)	Zuschlag (PolMik)	Pigment (PolMik)
Huf 01	5	hydr. Kalk	Quarz (überwiegend), Feldspat, wenig Kalkstein	Eisenoxidrot
Huf 02	3	hydr. Kalk	Quarz (groß), wenige Gesteinsbruchstücke u. Calcit	Eisenoxidgelb
Huf 03	3-4	hydr. Kalk, Gipsanteile	Quarz (fast ausschließlich, wenig Feldspat u. Calcit)	Eisenoxidrot und Schwerspat
Huf 05	5	blau	Quarz, sehr wenig Feldspat	Ultramarin (Fe, Al, Si)

Naturwissenschaftliche Analyse nasschemisch / Sieblinie (GWD/Ullrich)

Probe Nr.	Kalkgehalt BM CaCO ₃ / Gew.-%	Hydr. Anteil (rechner.) / Gew.-%	Sand / Gew.-%	Sonstiges / Pigment/Gew.-%	Mischungsverh. BM:Zuschlag / RT	Pigment
Huf 01	n.b.		79,5	(Gips) / 5	1:3,3	Hämatit (α -Fe ₂ O ₃)
Huf 02	n.b.		80,5	(Gips) / 4	1:3,3	Goethit (α -FeOOH), etwas Kaolinit (nat.)
Huf 03						
Huf 05	10,5	3	83,5	(Gips) / 3	1:3,3	Ultramarin (Fe, Al, Si)

6.9.1.2 Durchführung:

Die hier in Betracht gezogenen Edelputzproben zeigen den gleichen Schichtenaufbau. Nach dem Aufbringen eines sehr feinkörnigen, kalkgebundenen Unterputzes folgt der abschließende Auftrag des Edelputzes. Dieser enthält neben dem feinen Zuschlag des Unterputzes ca. 10 Gew.-% Kiesel mit einem Größtkorn von bis zu 6 mm Durchmesser, sowie 3-5 Gew.-% Pigmentzusatz 4.

Nicht alle Proben weisen die gleiche Menge an Bindemittel, Zuschlag und Pigmenten auf, jedoch ist erkennbar, dass alle Proben der Ober- bzw. Unterputze eine ähnliche Siebkurve, das gleiche Bindemittel, ähnliche Zuschläge sowie das gleiche Bindemittel / Zuschlagverhältnis aufweisen.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungsberichte hinsichtlich des Bindemittels sind ähnlich, sie weisen auf die Verwendung eines hydraulischen Kalkes hin. Nähere Aussagen sind in diesem Fall nicht möglich. Dem Bericht von G. Ullrich ist zu entnehmen, dass es sich um ein gering hydraulisches Kalkhydrat, entsprechend einem heutigen NHL 2- Kalk 5, handelt.

Der Zuschlag besteht aus Quarz sowie einem geringen Anteil Feldspat und Calcit. Das Bindemittel /

Zuschlagverhältnis liegt laut der GWD-Analyse bei den Unterputzen bei 1:2,3 bzw. 1:2 und bei den durchgefärbten Oberputzen bei 1:3,3 (Kalk:Zuschlag).

Da keine Angaben zu den physikalischen Eigenschaften der Originalmaterialien wie Biegezugfestigkeit, Haftzugfestigkeit, Druckfestigkeit, Porosität, dynamischer E-Modul, Wasserdampfdiffusionswiderstand, Wasseraufnahmeverhalten, hygriertes und thermisches Dehnverhalten an den Originalmaterialien vorlagen, bezogen sich die Anforderungen an das nachzustellende Edelputzmaterial im Wesentlichen auf die stoffliche Zusammensetzung und optischen Eigenschaften.

Anforderungsprofil Nachstellungsputz:

- Verträglichkeit des Bindemittels mit dem des Originals; mineralisches Bindemittel: leicht hydraulischer Kalk
- ähnliche Siebkurve des Sandes
- Form und Farbe des Sandes/ der Kiesel in Übereinstimmung zum Original
- Bindemittel/ Zuschlagverhältnis entsprechend dem Analyseergebnis
- Einfache Beschaffung und Handhabbarkeit der Rohstoffe
- Möglichkeit zur einfachen Herstellung und Verarbeitbarkeit großer Mengen der Edelputzmischung
- Einsatz der gleichen Pigmente (Ultramarin, Eisenoxidrot, Ocker)

Zusammensetzung Nachstellungsputze:

Es wurde eine Trockenmörtelmischung aus Werkrockenkalk, Sand und Pigmenten hergestellt. Obgleich aus den Materialanalysen Sieblinien hervorgehen, bleibt die Herkunft der Sande und Kiese der bauzeitlichen Edelputze schwer nachvollziehbar. Im ungünstigsten Fall sind diese auch nicht mehr zu beschaffen. Zur Eindämmung des Aufwands bei der Materialbeschaffung blieb nur die Verwendung von Sanden mit ähnlichen Sieblinien. Die Sieblinie des verwendeten Sandes entsprach in etwa der des im Originalputz verwendeten Sandes. Hierfür kamen ein regionaler Sand aus der Grube Niederlehme⁴⁹⁸ und ein ebenfalls regionaler, über ein örtlich ansässiges Unternehmen vertriebener Sand in Frage⁴⁹⁹. Dieser wich lediglich im etwas dunkleren Farbton der größeren Ziegel vom bauzeitlichen ab, wurde jedoch wegen der einfachen Beschaffbarkeit für den Nachstellungsversuch verwendet.

Als Bindemittel wurde ein natürlich hydraulischer Kalk als Werkrockenprodukt (NHL 2)⁵⁰⁰ eingesetzt.

Bei der Auswahl der Pigmente lag das Hauptaugenmerk zunächst auf dem passenden Farbton. Pigmentmischungen sollten zur Vereinfachung der Rezeptur vermieden werden. Keines der in den Analysen nachgewiesenen Pigmente ließ sich jedoch in der Originalqualität beschaffen. Bei allen gab es Abweichungen im Farbton. Bei den Ockerpigmenten musste auf die Verwendung künstlich hergestellter Eisenoxide zurückgegriffen werden, da die getesteten Ocker auch bei erhöhten Zusätzen keine ausreichende Farbintensität hervorbrachten. Daraus resultierend entstanden Musterflächen und Probekörper mit vom Original abweichenden Farbnuancen. Das Ultramarin war bei allen herangezogenen Produkten⁵⁰¹ etwas kühler. Für den roten Edelputz wurde ein bestimmtes Eisenoxidbraun⁵⁰² ausgewählt, welches sich jedoch letztlich ebenfalls als zu kühl erwies. Dennoch sollte auf Pigmentmischungen verzichtet werden. Lediglich im Bereich der Ockertöne ließ sich kein annähernd Passendes finden, so dass hier mit zwei Pigmenten gearbeitet werden musste. Da die natürlichen Ocker, vermutlich aufgrund ihrer Qualitäten, nicht ausreichend tönend, fiel die Wahl auf synthetische Eisenoxidpigmente. Eine Mischung aus Eisenoxidorange dunkel und Eisenoxidgelb (Eisenoxidorange dunkel Fa. Streichgut, Eisenoxidgelb Fa. Kremer) kam zur Anwendung.

⁴⁹⁸ Vertrieb über Fa. Kluwe, Berlin

⁴⁹⁹ Vertrieb über Fa. Bruhn & Böhm, Potsdam

⁵⁰⁰ Calcidur® NHL 2 der Fa. Otterbein

⁵⁰¹ Ultramarinblau Fa. Streichgut; Ultramarinblau, Fa. Kremer Pigmente

⁵⁰² Eisenoxidbraun 655 Fa. Kremer Pigmente

Putzaufbau:

Die Putzproben wurden auf 10x15cm große HWL-Trägerplatten appliziert. Zusätzlich wurden Rückstellproben mit einem Durchmesser von 5 cm hergestellt. Auf die HWL-Platten wurde nach dem Vornässen ein Spritzbewurf aus verdünntem Unterputz aufgetragen. Anschließend wurde die Unterputzmischung aufgetragen und nach Anziehen bis auf 0,5 cm flächig abgekratzt.

Im nächsten Schritt wurden die farbigen Edelputzmischungen angemischt und aufgetragen. Für jede Mischung wurden dazu 250g Oberputzgrundmischung abgewogen und mit der jeweiligen Prozentmenge Pigment versetzt. Der Pigmentanteil bezieht sich dabei immer auf 100 Gew.-% Gesamttrockenmörtelmasse, d.h. die Menge der Grundmischung beträgt in allen Mischungen 250g.

Beispiele:

Mischung ohne Pigmentzusatz:	250 g Grundmischung Oberputz
Mischung Edelputz blau B1:	250g Grundmischung Oberputz (99,5 Gew.%) + 1,26 g Ultramarin (0,5 Gew.%)
Mischung Edelputz blau B2:	250g Grundmischung Oberputz (99,0 Gew.%) + 2,52 g Ultramarin (1,0 Gew.%)

Das Pigment wurde der Trockenmörtelmischung trocken beigegeben und gründlich vermischt.

Zum Auftragen auf die Probeplatte wurde die Mörtelmischung mit reichlich Wasser angesetzt und sorgfältig verrührt. Die Mischung musste in diesem Fall sehr feucht sein, da die HWL-Platten auch nach gründlichem Vornässen stark saugten, so dass die Edelputzmischung sofort anzog und die Weiterbearbeitung zu einem Madenputz schwierig wurde. Zur Erzeugung der typischen Oberflächenstruktur wurde die Edelputzmasse nach kurzem Anziehen mit einem Holzbrett kreisförmig bis auf eine Putzdicke von 0,6 cm (Durchmesser Größtkorn) abgerieben. Beim Reiben schleifen die größten Kiesel mit dem Brett mit und bringen so die „Madenstruktur“ hervor.

Neben der Herstellung der Edelputzprobeplatten wurden jeweils drei Rückstellproben angefertigt. Für jede Farbe (blau, rot, gelb) wurden zehn Probeplatten sowie 30 Rückstellprobekörper in zehn Farbtonabstufungen produziert.



Abb. 443: Zugerschnittene HWL-Trägerplatten



Abb. 444: Vorbereitete Platten mit Unterputz



Abb. 445: Rückstellproben



Abb. 446: Probeplatten und Rückstellproben

Bei der Nachstellung ermittelte Rezepte⁵⁰³

Huf 01b+2, Huf 06	Roter, gelber und blauer Edelputz (Oberputze)
Unterputztrockenmörtelmischung	
1 RT NHL 2 – Kalk (Calcidur)	
2 RT Sand 0-1 mm	
Oberputz-/ Grundtrockenmörtelmischung ohne Pigmentzusatz	
1 RT NHL 2 – Kalk (Calcidur)	
3,3 RT Sandmischung	
Sandmischung	
75 Gew.% (3000 g) Sand 0-1 mm	
22,5 Gew.% (900 g) Kiesel 2-4 mm	
2,5 Gew.% (100 g) Kiesel größer 4 mm (bis 6mm)	

Probemischungen blauer/ roter Edelputz				
Bezeichnung	Menge Grundmischung		Menge Pigment	
	g	Gew.-%	Gew.-%	Ultramarinblau bzw. Eisenoxidbraun 655
B1/ R1	250	99,50	1,26	0,5
B2/ R2	250	99,00	2,52	1,00
B3/ R3	250	98,50	3,80	1,50
B4/ R4	250	98,00	5,10	2,00
B5/ R5	250	97,50	6,41	2,50
B6/ R6	250	97,00	7,73	3,00
B7/ R7	250	96,50	9,07	3,50
B8/ R8	250	96,00	10,42	4,00
B9/ R9	250	95,50	11,78	4,50
B10/ R10	250	95,00	13,16	5,00

Probemischungen gelber Edelputz							
Bezeichnung	Menge Grundmischung		Menge Pigment 1	Menge Pigment 2	Mischung P1 / P2	g	Gew.-%
	g	Gew.-%	Eisenoxidorange dunkel	Eisenoxid gelb			
G1	250	99,50	0,75	0,51	60/40	1,26	0,5
G2	250	99,00	1,01	1,51	40/60	2,52	1,00
G3	250	98,50	1,52	2,28	40/60	3,80	1,50
G4	250	98,00	2,04	3,06	40/60	5,10	2,00
G5	250	97,50	2,56	3,85	40/60	6,41	2,50
G6	250	97,00	3,09	4,64	40/60	7,73	3,00
G7	250	96,50	3,63	5,44	40/60	9,07	3,50
G8	250	96,00	4,17	6,25	40/60	10,42	4,00
G9	250	95,50	4,71	7,07	40/60	11,78	4,50
G10	250	95,00	5,26	7,90	40/60	13,16	5,00

⁵⁰³ Nora Pietrowski, Fachhochschule Potsdam

6.9.1.3 Ergebnis

Auf Grundlage der Analyseergebnisse wurden Rezepturen zur Herstellung von Edelputztrockenmörtelmischungen erarbeitet und angewandt, welche keine identische Repliken der Originale hervorbringen, sondern eine Modifikation zum Einsatz bei der Restaurierung historischer Edelputzfassaden darstellen könnten. Evtl. in den bauzeitlichen Putzen vorhandene vergütende oder farbstabilisierende Zusatzstoffe⁵⁰⁴ blieben dabei unberücksichtigt.

Die Versuche zeigten, dass beim Nachmischen von Putzen insbesondere bei sehr leuchtenden Putzfarben wie jene der Hufeisensiedlung zwar eine Annäherung möglich ist, jedoch keine exakt gleichen Farbtöne erzielt werden konnten. Problematisch sind dabei unter anderem die schwankenden Qualitäten und Nuancen der Pigmente - in Analysen nachweisbar ist lediglich die Art der Farbpigmente, nicht jedoch die genaue Ausmischung, sowie die unterschiedliche Farbigekeit der Zuschlagsande.

Ein weiteres Problem stellt z.B. die geringe Farbbeständigkeit des blauen Pigments Ultramarin dar, welches aufgrund seiner geringen Säurebeständigkeit zur Vergrauung neigt und im Sanierungsfall zwar nachstellungsfähig, jedoch nur bedingt ergänzungsfähig scheint.

Das für die roten Probenplatten verwendete eisenoxidbraune Pigment glich optisch den bei der Materialanalyse nasschemisch herausgefilterten Pigmentresten exakt. In der Praxis jedoch wirkte das Pigment zu kühl, was am insgesamt graueren Farbton der für die Nachstellung verwendeten Sande in der Putzgrundmischung liegen könnte. Die gelben Ausmischungen waren hingegen bei ausschließlicher Verwendung von Eisenoxidgelb zu fahl, bei Verwendung der Pigmentmischung mit Eisenoxidorange zu kräftig. Einfluss auf den Farbton haben jedoch auch die Temperatur bei der Ausführung und der Putzgrund, weshalb eine schrittweise Annäherung in situ unerlässlich bleibt.



Abb. 447: Proben Huf 10, Huf 11, Huf 12 (Paster-Behrens Str.) und Huf 18 (Stavenhagener Str.)



Abb. 448: Probeplatten B1 und B2 mit typischer Madenstruktur in noch frischem Zustand

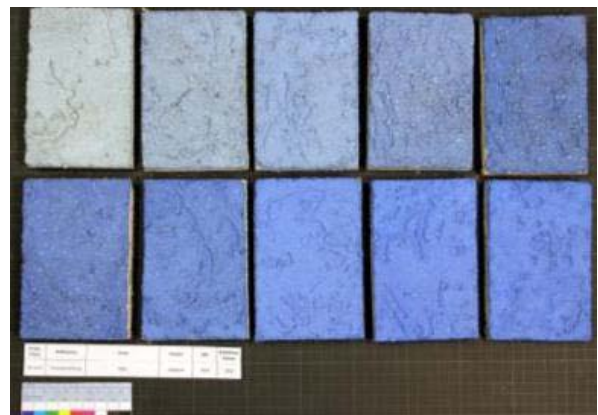


Abb. 449: Probeplatten B1-B10, von oben links nach unten rechts

⁵⁰⁴ Vgl. Kapitel 1.2.4



Abb. 450: Proben Huf 03 (Jochen-Nüßler-Str. 19), Huf 08 und Huf 13 (Paster-Behrens Str.) und Huf 16 (Talberger Str. EFH).



Abb. 451: Probeplatten R1-R10, von oben links nach unten rechts

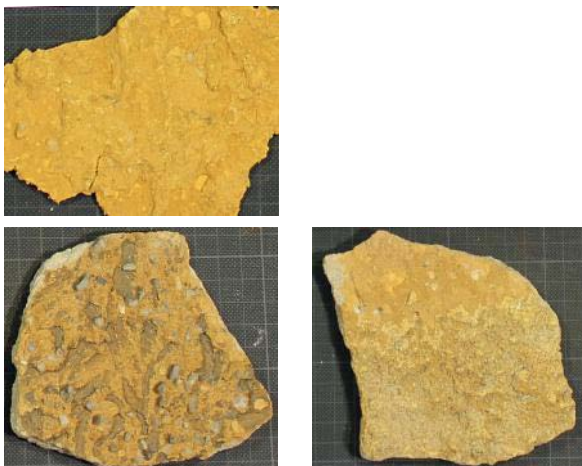


Abb. 452: Proben Huf 19 (Stavenhagener Str. 4), Huf 15 (Paster-Behrens Str.) und Huf 21 (Jochen-Nüßler-Str. 21)



Abb. 453: Probeplatten G1-G10, von oben links nach unten rechts



Abb. 454: Probeplatten B1-B10, R1-R10 und G1-G10, von links unten nach rechts oben

6.9.2 Ockerfarbene Edelputze verschiedener Wohnhäuser in Berlin und Brandenburg

Die Putze wurden auf Probepplatten nachgestellt. Als Putzträger wurden 2,5 cm starke Leichtbauplatten in den Größen 20x25 cm und 10x15 cm zugeschnitten und mit einem 1-1,5 cm Unterputz versehen. Das Rezept wurde aus den Analyseergebnissen verschiedener Unterputze und den historischen Quellen ermittelt. Um den Ergänzungsputz farblich an den Originalputz anzupassen, wurden die kleineren Probepplatten (10x15cm) verwendet. Dabei wurde zunächst eine Grundmischung hergestellt und der aus den Analyseergebnissen entwickelte Pigmentanteil beigegefügt. Daneben wurden weitere Mischungen mit einer immer höheren Dosierung des Pigments angelegt und es wurde mit der Farbigkeit experimentiert. So wurde oft nicht nur ein Pigment, sondern eine Mischung aus mehreren Pigmenten entwickelt, um den gewünschten Farbton zu erhalten. Die Menge und Art des verwendeten Pigments wurden notiert. Nach dem Durchhärten des Putzes wurde eine geeignete Auswahl getroffen und dann auf einer größeren Probefläche aufgetragen, um ihn mit dem Originalputz an der Fassade, soweit dieser vorhanden war, besser vergleichen zu können.



Abb. 455: Probepplatten mit Rahmung



Abb. 456: Probepplatten mit Unterputz



Abb. 457: Ermittlung des Farbtons für den Ergänzungsmörtel; Beprobung auf kleineren Probepplatten; Edelkratzputz Wohnhaus Potsdam und Hufeisensiedlung



Abb. 458: Herstellen einer Probepplatte mit einer Handputzleier



Abb. 459: Kratzputzwerkzeug

6.9.2.1 Verwendete Materialien

- Sande

Die Sande wurden nach Farbigkeit und Korngrößen ausgewählt. Die Auswahl orientierte sich an den an der FH Potsdam vorhandenen Sammlung verschiedenster Sande und den dazu ermittelten Sieblinien. Zusätzlich wurden die bei der Fa. Kluwe vorhandenen Sande gesichtet. Die Sande wurden nochmals gesiebt und nach den Untersuchungsergebnissen der Siebanalysen zusammengestellt.

Verwendet wurden:

Grubensand 0/1 mm nach DIN EN 12620, Kies 0/8 mm nach DIN EN 12620, Kies 0/16 mm nach DIN EN 12620 (Fa. Kluwe, Berlin) sowie Sand 1 mm und Sand 2 mm (Fa. Bruhn & Böhm, Potsdam)

- **Bindemittel**

Als Bindemittel wurde Kalkhydrat verwendet. Auf die Zugabe von Zement wurde wegen seiner hohen Dichte und Härte verzichtet, und zudem wasserlösliche Salze ins Objekt eingebracht werden könnten. Alternativ wurde ein natürlich hydraulischer Kalk gewählt, der einen niedrigen Natrium-, Kalium- und Sulfationengehalt hat (Produkte: Otterbein Hydradur NHL 5 und Calcidur NHL 2⁵⁰⁵).



Abb. 460: Beispiele für an der FH Potsdam zur Verfügung stehenden Sande



Abb. 461: Beispiele für die bei der Nachstellung verwendeten Sande mit nachgestellter Sieblinie

- **Pigmente**

Um eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten und Nachbestellungen zu ermöglichen, wurden Pigmente der Fa. Kremer Pigmente verwendet.

- Goldocker aus den Karpaten
- Französischer Ocker JCLES gelb
- Goldocker italienisch hellgelb, Veroneser Siena
- Terra di Siena natur italienisch, bräunlich
- Terra di Siena, gebrannt, französisch
- Eisenoxidbraun 655
- Eisenoxid 222 dunkel
- Caput Mortuum, synthetisches Eisenoxid, blaustichiges Persischrot
- Ultramarinblau dunkel
- Kobaltblau

Für die Glimmerzugabe wurde Muskovitglimmer der Fa. Kreidezeit verwendet.

Das verwendete Marmormehl aus Carrara mit einer Korngröße von 0,1 - 0,3 mm stammt ebenfalls von der Fa Kremer.

Auf die Beigabe hydrophobierender Zusätze wie Stearat wurde verzichtet.

⁵⁰⁵ Hydradur und Calcidur sind natürlich hydraulische Kalke nach DIN EN 459-1.

6.9.2.2 Edelputz Landhaus Abraham in Groß Glienicke (Objekt-Nr. 2501)

Für die Nachstellungsversuche des ockerfarbenen Putzes mit weißem Spritzbewurf wurden zunächst die Werk trockenmörtel zweier Firmen (Fa. Sakret, Fa. Weber-Maxit) getestet. Diese wurden nach Vorlage der Putzanalyse und einer Putzprobe des Bestandsputzes aus dem Jahre 1929 von den Firmen jeweils freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Die Mörtel entsprachen aufgrund ihrer Vergütungen weitgehend jedoch nicht dem Originalmaterial, so dass außerdem eine Baustellenmischung erprobt wurde, welche recht schnell zu einem befriedigenden Ergebnis führte. Aus unterschiedlichen Gründen waren die Eigenschaften der Werk trockenmörtel an diesem Objekt jedoch durchaus erwünscht und in diesem speziellen Fall nicht störend, so dass diese nach einer farblichen Feinabstimmung bei der Restaurierung des Gebäudes zum Einsatz kamen.

Für die Baustellenmischungen wurden auf Grundlage der Materialanalysen (s. Kapitel 5.3.6) Zutaten ausgewählt, gemischt und die Farbe nach und nach durch Zugabe der Pigmente dem Original angepasst, bis der Farbton annähernd dem Bestand entsprach. Der Edelputz wurde wie im Original als Scheibenputz ausgeführt, der Spritzbewurf mit einer Berliner Kelle (Dreieckskelle) aufgebracht.

Die Technik den Spritzbewurf aufzubringen, bedarf einiger Übung. Um ein einheitliches Putzbild zu erhalten, ist für das Antragen des Putzes an der Fassade nur ein Handwerker allein in Anspruch zu nehmen.

Bei der Nachstellung ermittelte Rezepte⁵⁰⁶:

LAb 01: ockerfarbener Edelputz

1 RT Kalk

3 RT Sand (nach Sieblinie zusammengestellt)

½ RT Otterbeiner NHL 5 (hydraulischer Kalk)

5% zu gleichen Teilen Italienischer Ocker hellgelb und französischer Ocker

LAb 02: weißer Spritzbewurf

1 RT Marmormehl

1 RT Otterbeiner NHL 5 (hydraulischer Kalk)

2 RT Wasser

10 % Glimmer (Muskovit grob)



Abb. 462: Detailaufnahme des historischen Edelputzes mit Spritzbewurf



Abb. 463: Probeflächen mit Werk trockenmörteln

⁵⁰⁶ Baustellenmischungen, vor Ort angepasst (Anke Hirsch, Fachhochschule Potsdam)



Abb. 464: Anfertigen der Baustellenmischung



Abb. 465: Anpassen des Putzes an die originale Farbigkeit, 2010

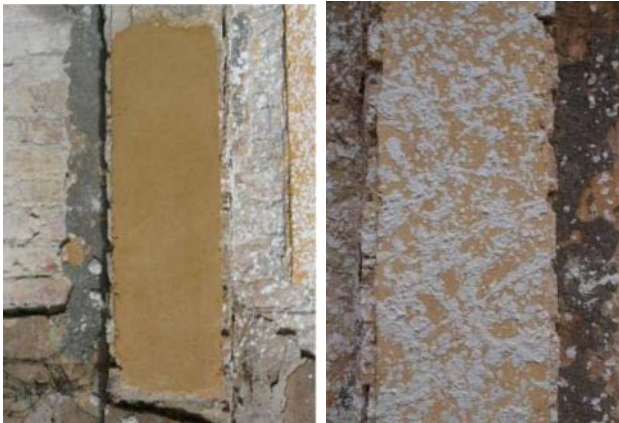


Abb. 466: Herstellung des Putzes mit Spritzbewurf



Abb. 467: Probeflächen mit Baustellenmischung



Abb. 468: Handwerkliche Nachstellung mit Werkrockenmörtel, Ausführung Ende 2010



6.9.2.3 Edelputz Wohnhaus Potsdam (Objekt-Nr. 2588)

Der Kratzputz wurde 2 cm dick aufgetragen und mit einem Nagelbrett abgezogen. Der gelbe Scheibenputz hat eine Putzstärke von 1,5 cm und wurde mit einem Holzbrett in einer Richtung abgerieben. Beide Putze passen sich sowohl in der Oberfläche als auch im Farbton recht gut an den Bestand an.

Ermittelte Rezepte für die Nachstellung⁵⁰⁷

Amds 02: Edelkratzputz, ocker

Rezept für ca.1 kg Putz

100 g Kalk

30 g hydraulischer Kalk

50 g Pigment (Goldocker, italienisch 25 g / italienischer Ocker gebrannt 25 g)

5 g Zement

780 g Sand

10 g Glimmer

Amds 03: Edelputz, glatt (Scheibenputz), gelblich-ocker

Rezept für ca.1 kg Putz

100 g Kalk

30 g hydraulischer Kalk

25 g Pigment (Goldocker, italienisch, hellgelb)

810 g Sand



Abb. 469: Wohnhaus Potsdam, Scheibenputzfläche, links im Bild nachgestellter Edelputz, rechts Originalputz in situ

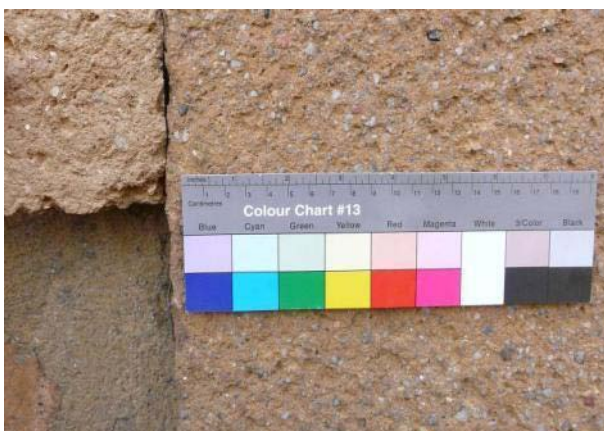


Abb. 470: Wohnhaus Potsdam, Kratzputzfläche, links im Bild nachgestellter Edelputz, rechts Originalputz in situ



Abb. 471: Wohnhaus Potsdam, gelber Faschenputz (Scheibenputz), rechts Kratzputz in situ

⁵⁰⁷ Anke Hirsch, FH Potsdam

6.9.2.4 Edelputz Buddhistisches Haus, Berlin-Frohnau (Objekt-Nr. 4408)

Der Putz wurde als Schleppputz nachgestellt. Die Farbigkeit wurde dem Originalputz angepasst. Die Technik des Schleppputzes konnte auf der Probestplatte nur sehr schwierig nachgestellt werden.

Da der historische Putz stark abgewittert ist, liegt der Zuschlag gut sichtbar an der Oberfläche. Der nachgestellte Putz wirkt dagegen recht monochrom.

Ermitteltes Rezept für die Nachstellung

Budd 02 Schleppputz ocker

Rezept für ca.1kg Putz

120 g Kalk

20 g hydraulischer Kalk

35 g Pigment (Goldocker Karpaten 15 g / französischer Ocker JCLES 20 g)

575 g Sand

250 g Kies



Abb. 472: Buddhistisches Haus/ Gartenhaus, links und oben im Bild Originalputz in situ, rechts nachgestellter Edelputz

6.9.2.5 Edelputz Liebermann-Villa Berlin-Wannsee (Objekt-Nr. 2502)

Die Liebermann-Villa wurde zwischen 2002 und 2005 restauriert, wobei der Putz des Haupthauses freigelegt und der Putz des Gärtnerhauses nach restauratorischen Befunden nachgestellt wurde. Dieser integriert sich weitgehend in den Bestand, erscheint lediglich etwas kühler, rosafarbener (s. Abb. 473: Liebermann-Villa / Gärtnerhaus: links im Bild Originalputz in situ, rechts bei Sanierung 2002 nachgestellter Edelputz in situ).

Für den Nachstellungsversuch 2011 stand keine Putzprobe mehr zur Verfügung, um die Farbe anzugleichen. Mit der hier angegebenen Pigmentmenge ist deshalb ein zu heller Putz entstanden.

Der Putz wurde als Kratzputz ausgeführt und mit dem Nagelbrett abgerieben. Die Oberfläche integriert sich besser in den Originalputz als die vorhandenen Ergänzungen. Um die richtige Farbigkeit zu erhalten, wären hier jedoch noch weitere Versuche mit veränderten Pigmentanteilen nötig.

Ermitteltes Rezept für die Nachstellung

Lieb 01: Kratzputz, ocker-rosé

Rezept für ca.1 kg Putz

100 g Kalk

30 g hydraulischer Kalk

22 g Pigment (Französischer Ocker JCLES Gelb 15 g, Caput Mortuum 3 g, Goldocker italienisch hellgelb 4 g)

710 g Sand

110 g Kies



Abb. 473: Liebermann-Villa / Gärtnerhaus: links im Bild Originalputz in situ, rechts bei Sanierung 2002 nachgestellter Edelputz in situ



Abb. 474: Liebermann-Villa, Detailansicht mit Ausbesserung (2002) des Fassadenputzes



Abb. 475: Liebermann-Villa, links im Bild nachgestellter Edelputz auf Probepatte, rechts im Bild Originalputz in situ

6.9.2.6 Edelputz Wohnhaus Schöneiche bei Berlin (Objekt-Nr. 2590)

Die Nachstellung des Putzes erfolgte auf Probeplatten. Es wurden mehrere Putzproben angelegt zur Bestimmung der geeigneten Pigmente.

Um die Technik des Spritzbewurfs nachzustellen, wurde eine Handputzschleuder eingesetzt. Die Nachstellung des Spritzputzes auf einer kleinen Probefläche stellte sich jedoch als eher schwierig heraus, wenngleich die Putzschleuder auf größeren Flächen ein hervorragendes Ergebnis erzielte. Der Spritzbewurf wurde in drei Arbeitsschritten aufgetragen, wobei der aufgetragene Putz leicht abbinden konnte, bevor die nächste Lage aufgespritzt wurde. Ein Auftragen des Spritzbewurfs in nur einem Arbeitgang war nicht möglich, da sich der Putz so verdichtete, dass er durch seine Konsistenz an der Wand herunterlief oder zumindest unschöne Flatschen bildete.

Farblich passt sich der Nachstellungsputz relativ gut an, obgleich er ein wenig rotstichtiger erscheint. Im Falle einer Reparatur könnte hierbei noch leicht bei der Zugabemenge des Pigments „Terra di Siena natur italienisch“ variiert werden.

Ermitteltes Rezept für die Nachstellung (Anke Hirsch, FH Potsdam):

Schön 01 Spritzputz, ocker

Rezept für ca.1 kg Putz

100 g Kalk

195 g hydraulischer Kalk

48 g Pigment (Französischer Ocker JCLES gelb 40 g, Terra di Siena natur italienisch 8 g)

660 g Sand

15 g Glimmer (Muskovit)



Abb. 476: Wohnhaus Schöneiche, links im Bild nachgestellter Edelputz auf Probeplatte, rechts Originalputz in situ

6.9.2.7 Edelputz Wohnhaus Wilhelmshorst (Objekt-Nr. 2589)

Die Nachstellung des Putzes erfolgte auf Probeplatten. Es wurden mehrere Putzproben angelegt zur Bestimmung der geeigneten Pigmente.

Um die Technik des Spritzbewurfs nachzustellen, wurde eine Handputzschleuder eingesetzt.

Hier lag die Schwierigkeit ebenfalls bei der Nachstellung der Putztechnik. Da der Anteil an Kalk und hydraulischem Bindemittel nicht ermittelt werden konnte, orientiert sich das Rezept an den Untersuchungsergebnissen des Spritzputzes am Wohnhaus Schöneiche. Da das Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis auf 1 : 1 geschätzt wurde, wurden die Mengen des Bindemittels und des Zuschlags angepasst.

Ermitteltes Rezept für die Nachstellung (Anke Hirsch, FH Potsdam)

Wilm 01: Spritzputz, ocker

Rezept für ca.1kg Putz

200 g Kalk

250 g hydraulischer Kalk

50 g Pigment (Goldocker italienisch: 20 g, Terra di Siena gebrannt, französisch: 25 g, Goldocker Karpaten: 5 g)

485 g Sand

15 g Glimmer



Abb. 477: Wohnhaus Wilhelmshorst, links im Bild nachgestellter Edelputz auf Probeplatte, rechts Originalputz in situ

6.9.3 Auswertung Nachstellung Edelputze

Die Nachstellungsversuche zeigten Möglichkeiten der Herstellung von Reparaturputzen für Edelputzflächen auf. Voraussetzung für eine Eingliederung der reparierten Fläche in das Gesamtbild der Fassade sind Materialanalysen sowie die anschließende sorgfältige Auswahl der Zuschlagstoffe hinsichtlich Korngrößen, Kornzusammensetzungen und Farben. Weiterhin ist eine stufenweise Anpassung der Pigmentzugaben sowie Proben der Oberflächentechnik unabdingbar, um den Farbton und die Oberfläche möglichst genau an den Bestand anpassen zu können.

Insbesondere bei den ockerfarbenen Edelputzen konnten auf diese Weise recht gute Ergebnisse erzielt werden.

Farbigkeit

Ziel war, Nachstellungsmörtel zu entwickeln, die ohne Retuschen oder Anstriche auskommen. Dies erforderte einen relativ großen Aufwand, diente jedoch letztlich zunächst dem Erzielen der für das entsprechende Bauwerk passenden Mischung, welche dann in größerem Umfang handwerklich verwendet werden könnte.

Die Nachstellung der Putze erfolgte auf Probeplatten. Die Mörtel wurden nach den aus den Untersuchungsergebnissen entwickelten Rezepten hergestellt. Die Pigmente wurden zudem im Mörser mit dem Kalk vermahlen, um eine innigere Verbindung herzustellen. Diese farbige Kalkmischung wurde dann den abgewogenen Zusätzen beigemischt. Der Sand wurde gesiebt und die Sieblinie der untersuchten Proben imitiert. Nach der Herstellung der Trockmischung wurde diese mit Wasser angerührt und auf die Probeplatten aufgetragen. Dabei wurden die traditionell für diesen Zweck vorhandenen Werkzeuge (Handputzleier, Kratzigel usw.) verwendet. Besonders schwierig gestaltete sich das Nachstellen der Putztechniken auf der kleinen Fläche; es könnten jedoch Abdeckmasken für die angrenzenden Bereiche verwendet werden. Es wurden jeweils mehrere Proben angelegt, die so lange modifiziert wurden, bis sie in ihrer Farbigkeit den Originalputzen so nahe wie möglich kamen.

Diese Farbigkeit ließ sich mit den in den Materialanalysen errechneten Pigmentmengen generell nicht erreichen. Die Erstproben waren in der Regel zu hell, was evtl. auch auf zu helle, gewaschene Sande zurückgeführt werden kann. Da die empfohlene maximale Zugabemenge von ca. 5 Gew.-% der Bindemittelmenge in keinem der ermittelten Rezepte erreicht wurde, konnte stufenweise eine größere Pigmentmenge verwendet werden. Eine Intensivierung der Farbe wurde bei den ockerfarbenen Putzen mit einer geringen Menge Terra di Siena dunkel erreicht.

Schwieriger gestaltete sich die Nachstellung der sehr farbintensiven Edelputze der Hufeisensiedlung. Während die Oberflächenstruktur relativ gut gelang, ließ sich mit den gewählten Zuschlägen und Pigmenten sich kein deutlich gutes Farbergebnis erzielen. Bei der Herstellung des roten und des blauen Putzes der Hufeisensiedlung konnte jedoch mit der genau errechneten Menge des angegebenen Pigments eine gute Farbtiefe erreicht werden. Beim gelben Putz der Hufeisensiedlung musste jedoch auf eine Pigmentmischung zurückgegriffen werden.

Zudem ist bei den farbintensiven Putzen in der Praxis nach einiger Zeit mit einem gewissen Verblässen zu rechnen, wodurch die Reparaturstelle dann deutlicher hervortreten würde. Wie aus Quellen hervorgeht, wurde dieses Problem von den Putzherstellern bereits in den 1920er Jahren erkannt. In Patentschriften wird u.a. von der „bleichenden Wirkung des Kalkes auf mineralische Farbstoffe“ gesprochen, welcher z.B. durch das gemeinsame Vermahlen der Pigmente mit dem gelöschten Kalk und Sand mit einem hohen Gehalt an Kieselsäure (z.B. Trasssand)⁵⁰⁸ oder auch durch einfaches Hinzumischen von sauren Stoffen wie

⁵⁰⁸ Vgl. Österreichisches Patentamt, Patentschrift Nr. 91902, Fa. Gerhard Herfeldt in Andernach (Deutsches Reich), Verfahren zur Herstellung wetterfester farbiger Putzmörtel, angemeldet am 18. September 1918, Beginn der Patentdauer: 15. September 1922.

phosphorsaurem Kalk, Ammoniumbikarbonat oder Calciumbikarbonat bzw. Kieselsäuregel oder Kieselgur⁵⁰⁹ entgegengewirkt werden sollte. In der restauratorischen Praxis wären solche Maßnahmen meist nicht durchführbar. Für kleinere Reparaturflächen wären dann evtl. lasierende Ausgleichsmaßnahmen zu erwägen.

Oberflächenstruktur

Allgemein zeigte ein Abgleich der Probeplatten mit dem Putzbestand, dass die ursprüngliche Oberflächenstruktur durch Abwitterungen oft nur noch abgeflacht vorhanden ist. Besonders die Spritzputze sind oft stark verwaschen; bei den Madenputzen treten z.B. die größeren Kieselzuschläge an die Oberfläche und fallen z.T. heraus. Nicht oder nur unvollständig entfernte Vergipsungen und Verschmutzungen geben der Fassade ein uneinheitliches Erscheinungsbild, weshalb immer von einer gewissen Abweichung zwischen Bestandputz und Nachstellung ausgegangen werden muss.

Zusammenfassung

Insgesamt zeigt sich, dass die Entwicklung von Rezepturen für Nachstellungsmörteln auf der Grundlage von Materialanalysen und mit entsprechender Modifizierung - z.B. durch einen Restaurator - möglich ist. Auch die Anpassung der Putztechnik an den Bestand ist bei Auswahl der richtigen Korngrößen und mit etwas Übung möglich. Für die farbliche Anpassung des Reparaturmörtels an den Bestand ist der jeweilige Bewitterungszustand der Fassade zu beachten. Die Herstellung von Baustellenmischungen ermöglicht eine individuelle Anpassung je nach Zustand der Fassade. Dem Nachteil, dass diese immer wieder neu angemischt werden müssen und somit nur schwer eine gleichbleibende Qualität gewährleistet werden kann, könnte mit Vorkonfektionierungen in verschiedenen Schattierung beige kommen werden.

⁵⁰⁹ Vgl. Österreichisches Patentamt, Patentschrift Nr. 121440, Carl August Kapferer in Elbart (Bayern), Verfahren zur Herstellung beständiger, architektonischen Zwecken dienender Putzmörtel, angemeldet am 15. März 1926, Beginn der Patentdauer: 15. Oktober 1930.

6.10 Nachstellung von Steinputzflächen am Beispiel des Pergamonmuseums

Bei der Modifizierung geeigneter Nachstellungsmörtel für Steinputze müssen – noch mehr als bei Edelputzen – die Korngrößen,-formen und -farben beachtet werden, da die Oberflächenerscheinung von Steinputz wie bei keinem anderen Material von den Eigenschaften der Zuschlagmaterialien abhängt. Zusätzlich ermittelte und auch in den Nachstellungsmörtel beigefügte Pigmente vermögen nur die Bindemittelmatrix einzufärben – die Zuschlagkörner jedoch werden in der anschließenden Nachbearbeitung charakteristisch noch hervorgehoben.

Nachfolgend wird am Beispiel des Pergamonmuseums die Ermittlung und Beschaffung der nötigen Baustoffe sowie die Modifizierung derselben zu einem Nachstellungsmörtel erläutert.

6.10.1 Bestandsaufnahme

Vor der Entwicklung eines Nachstellungsmörtels für den Steinputz am Pergamonmuseum wurde eine Bestandsaufnahme der Nordfassade des Nordflügels durchgeführt. Wichtige Kriterien für die Bestandsaufnahme der Putzflächen sind neben der durch baustofftechnische Untersuchungen zu ermittelnden Rezeptur (Bindemittel, Zuschlagstoffe, Pigmente) auch die handwerkliche Oberflächenbearbeitung sowie übliche Schadbilder.

Parallel zur Bestandsaufnahme wurden Sanierungsarbeiten an der Fassade durchgeführt. Hierbei konnten Steinputzproben entnommen werden, die sowohl für die naturwissenschaftlichen Untersuchungen als auch für die Nachstellungsversuche zur Verfügung standen.

Tabellarische Übersicht der durchgeführten Arbeiten am Pergamonmuseum Berlin

Durchgeführte Tätigkeiten Büro Hübner & Oehmig / BBR	
Bauforschung und Bauforschung	u.a. Fassadenkartierungen: Putzphasen, Schäden
Restauratorische Untersuchungen	u.a. Untersuchung von Mörtelproben
Herstellung eines Konzeptmörtels	Anlegen von Musterflächen inkl. Strukturierung und Überarbeitung der Oberflächen von Frisch- und Festmörtel
Absäuern der neu hergestellten Flächen	Verschiedene Konzentrationen: reine Säure, 1:2, 1:5, 1:10
Reinigungsversuche	Strahlverfahren mit Aluminiumsilikat unterschiedlicher Körnung, 2-6 bar, 10 cm Strahlabstand

Durchgeführte Tätigkeiten FHP
Bestandsaufnahme Nordwestfassade: Fassadenkartierungen (Putzphasen, Schäden) Fotodokumentation (Putzphasen, Schäden)
Dokumentation der Bestandsaufnahme: Befundkatalog, Schadbildkatalog, Probenahmeprotokoll
Probenahmen (15 Stück)
Baustofftechnische Untersuchung Putzproben PMu 14 und 15, Auswertung
Entwicklung eines Nachstellungsmörtels mit unterschiedlichen Zuschlagstoffen und Pigmentanteilen

Im Rahmen der Umbauarbeiten am Pergamonmuseum erfolgten durch das BBR erste Sicherungs- und Restaurierungsarbeiten an den Fassadenflächen. Die endgültige Überarbeitung der Fassaden des Pergamonmuseums ist ab 2015 geplant.⁵¹⁰ Im Auftrag des BBR (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) wurde vom Büro Hübner & Oehmig⁵¹¹ bereits eine umfangreiche Bauaufnahme und

⁵¹⁰ Planung und Ausführung: Oswald Mathias Ungers, bzw. in Nachfolge Walter Noebel und Jan Kleihues, Denkmalpflegerische Beratung und Betreuung: Hübner & Oehmig Büro für Architektur und Denkmalpflege, Berlin.

⁵¹¹ Denkmalpflegerische Beratung und Betreuung am Pergamonmuseum, seit 2003

Bauforschung durchgeführt. Hierbei wurden auch die Fassaden und die Außenputze berücksichtigt; es erfolgte eine Kartierung der Putzphasen sowie eine Untersuchung der Baugeschichte.

Desweiteren wurde auf Grundlage von restauratorischen Untersuchungen⁵¹² ein Konzeptmörtel für die Reparatur abgängiger Putzbereiche hergestellt und von den Putzern⁵¹³ aufgebracht. Auf bisher unverputzten Flächen (Übergang zur Stadtbahn) oder auf Flächen, wo der bauzeitliche Putz nicht mehr zu halten war, wurden Musterflächen aus unterschiedlichen Mörtelmischungen angelegt. Hierbei wurde versucht, sowohl Farbe als auch Oberflächenstruktur durch das Nachstellen der Rezeptur sowie durch Nachempfinden der historischen Auftragstechniken an den Bestand anzupassen.

Auf weiteren Flächen an der Nordfassade des Nordflügels wurden Reinigungsversuche durchgeführt.

Um die bisherigen Ergebnisse sinnvoll ergänzen zu können, wurde die Einsichtnahme in die bereits erstellten Unterlagen von den Projektbearbeitern beim BBR beantragt und für die Schadenskartierung gewährt. Auf Grundlage der hier verwendeten Fassadenansicht wurde eine eigene Kartierung der Nordfassade des Nordflügels durchgeführt, bei der die Putzphasen, Befunde und Schäden dokumentiert wurden. Um besser auf einzelne Schadenbilder eingehen zu können, erfolgte hierbei im Gegensatz zur vom BBR beauftragten Schadenskartierung keine quantitative, sondern eine qualitative Aufnahme der Schäden, desweiteren erfolgte die Eintragung der Musterflächen und Probenahmen. Eine ausführliche Bestandsdokumentation findet sich im Anhang. Ferner erfolgte eine Archivrecherche in Bautagebüchern und Abrechnungen, um ggf. Informationen zu Herstellungstechniken, Baustoffen oder Beteiligte am Bau zu erhalten. Diese konnte jedoch in diesem Rahmen keine relevanten Erkenntnisse liefern.

6.10.1.1 Dokumentation Fassaden Pergamonmuseum

- Steinputz und Natursteinquader

Die Schauseiten und der Sockelbereich des Pergamonmuseums sind mit Kirchheimer Muschelkalkblöcken verkleidet (Abb.). Die rückwärtigen Fassaden sind hingegen mit Steinputz verputzt (Abb.).

Beim Mischen und Verarbeiten des Steinputzes wurden Merkmale des Natursteins wie Fugenschnitt, Struktur und Maserung im Putz abgebildet. Dies wurde durch die steinmetzmäßige Bearbeitung sowie offenbar durch Ausbürsten und Kellenstriche erreicht.

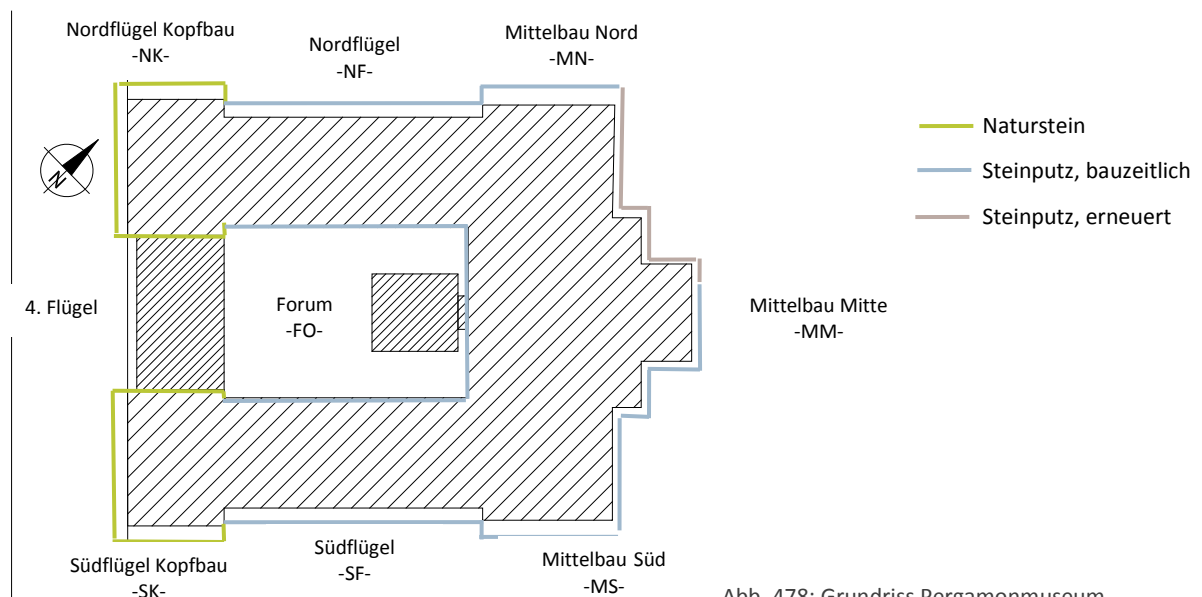


Abb. 478: Grundriss Pergamonmuseum

⁵¹² Büro Romstedt, Gehring & Werner GmbH Ing.-Büro für Restaurierung u. Sicherung in der Denkmalpflege, Kirchheim bei Arnstadt; die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden durchgeführt von IBW, Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH.

⁵¹³ K. Rogge Spezialbau GmbH, Berlin



Abb. 479: Natursteinverkleidung an Nordfassade Nordflügel-Kopfbau



Abb. 480: Detail Südfassade NF



Abb. 481: Steinputzfassade mit Fugenschnitt an Nordfassade Mittelbau Nord



Abb. 482: Detail Nordfassade NF

In den 1980er Jahren wurden sowohl an den Natursteinflächen als auch an den Steinputzflächen zum Teil großflächige Reparaturarbeiten durchgeführt.⁵¹⁴ Vollständig erneuert wurde der Putz der Ostfassade des Mittelbaus Nord und der nördlichen Fassadenabschnitte des Mittelbaus Mitte. Größere Fehlbereiche sind auf der Ostseite des Pergamonmuseums vorhanden, die untersuchte Nordfassade des Nordflügels ist jedoch weitgehend intakt (s. Kartierung).

Erkennbare Schäden sind kriegsbedingte, bis auf das Mauerwerk reichende Substanzverluste, Craquelée- und Rissbildungen sowie hohlliegende Bereiche. Die Substanz des Putzes ist meist gut erhalten, Absandungen oder Abschuppungen sind nicht erkennbar. Stellenweise sind Auswaschungen mit damit einhergehender leichter Zermürbung vorhanden.

⁵¹⁴ Ergänzungen an den Natursteinfassaden mit Oberdorlaer Muschelkalk. Im Unterschied zu den bauzeitlichen Steinquadern von großer Dicke wurden bei der Reparatur lediglich zentimeterdicke Steintafeln auf die in entsprechender Dicke abgetragene Natursteinfassade aufgeklebt. Dies führt heute zu technischen Problemen, die jedoch nicht Gegenstand dieses Projekts sind.

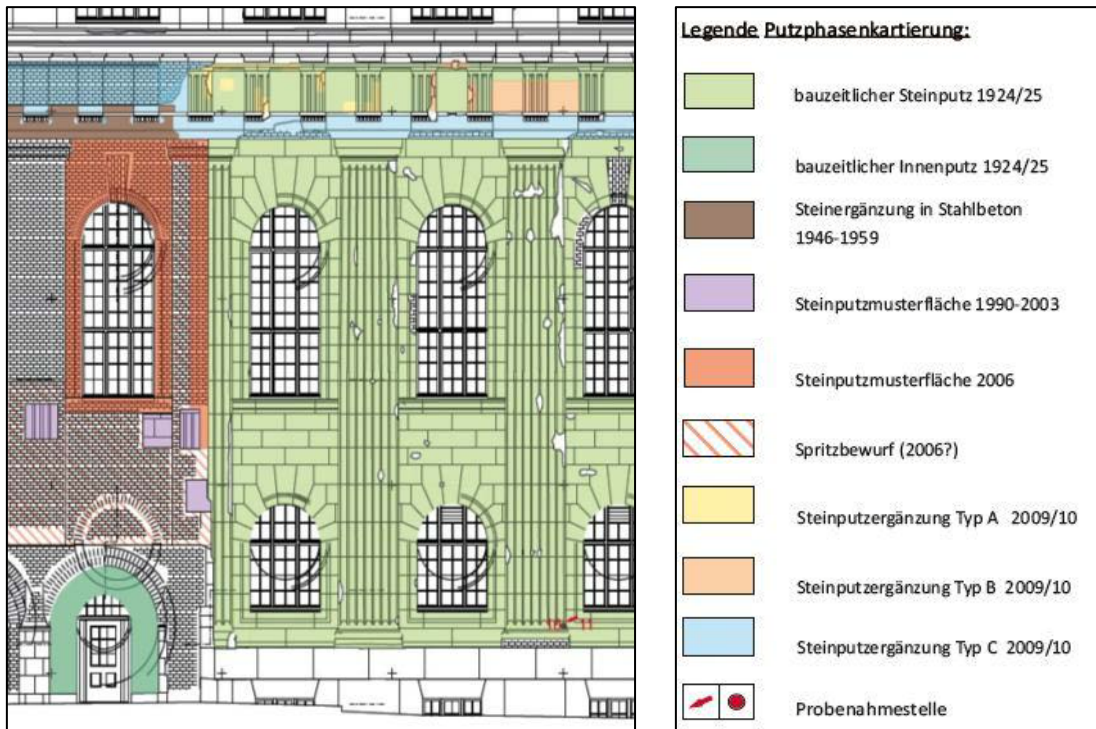


Abb. 483: Auszug aus der Putzphasenkartierung



Abb. 484: In den 1980er Jahren erneuerter Steinputz Ostfassade Mittelbau Nord

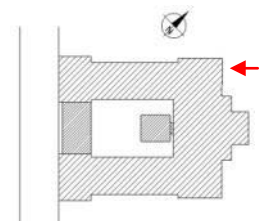
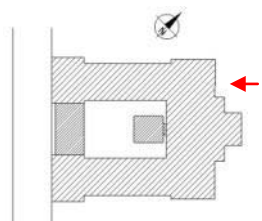


Abb. 485: In den 1980er Jahren erneuerter Steinputz Ostfassade Mittelbau Nord, Fenstergewände vermutl. bauzeitlich



Der Werkstein aus Kirchheimer Muschelkalk hat in frisch behauenen Zustand einen bläulich-grauen Farbton mit hellen Einschlüssen. Bei Bewitterung erhält der Kirchheimer Muschelkalk nach einiger Zeit einen bräunlich-gelben Farbton. Die Steinputzfassaden haben in unbewitterten Bereichen eine blaugraue, ins Anthrazit gehende Färbung mit hellen Kalksteinzuschlägen (Abb. 481). Vermutlich aufgrund eisenhaltiger Verwitterungsprodukte aus den Zuschlägen werden die Steinputzfassaden ein ähnlicher Effekt auf wie bei den Natursteinfassaden.

Beim Betrachten der Fassade entsteht so der Eindruck, der Steinputz habe insgesamt eine bräunlich-gelbe Färbung mit schwarzen Verunreinigungen oder Gipskrusten (Abb. 486).

Die Begutachtung eines Bruchstücks des Putzes zeigte jedoch, dass das Material in voller Stärke bis zum Unterputz gleichfarbig blau-grau bis anthrazit ist (Abb. 488). Die auf der Fassade erkennbaren helleren ockerfarbenen Bereiche sind also offenbar Verfärbungen aus Verwitterungsprodukten, während die dunkelgrauen Bereiche eher dem ursprünglichen Farbton des Steinputzes entsprechen, auch wenn ebenfalls zusätzliche verschmutzungsbedingte Krustenbildungen nachweisbar sind.



Abb. 486: Steinputz Nordfassade Mittelbau Nord



Abb. 487: Steinputz Ostfassade Mittelbau Süd

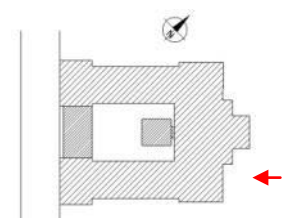
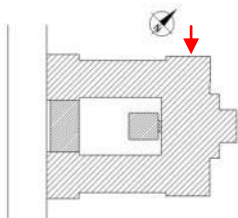
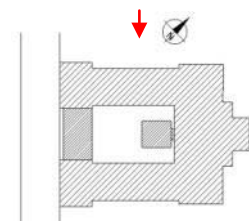


Abb. 488: Steinputz Nordfassade Pergamonmuseum



6.10.1.2 Nordfassade Nordflügel Pergamonmuseum - Schadensbilder

o Putzausbrüche – Teil- und Totalverluste

Die Hauptschäden an der Nordfassade des Pergamonmuseums sind kraterartige Steinputzausbrüche durch Bombenschäden aus dem Zweiten Weltkrieg. Partiiell zeigen sich Verluste des Steinputzes mitsamt den Ziegeln des Mauerwerks. Die Form der Ausbrüche weist auf das Zerbersten einer Granate unmittelbar in der Nähe der Fassade hin. In der Putzschadbildkartierung wird die Form der Steinputzverluste quantitativ als Teilverluste und Totalverluste dargestellt.⁵¹⁵



Abb. 489: historische Aufnahme der Nordfassade mit sichtbaren Kriegsschäden (Datierung unbekannt)



Abb. 490: starke Zerstörung an der Kannelurenmauerung Pilaster 14, 2010



Abb. 491: Auszug aus der Schadbildkartierung

⁵¹⁵ S. Anhang Schadbildkartierung Pergamonmuseum

Neben den durch Granaten verursachten Schäden zeigen sich weitere Schadensphänomene im Bereich der Nordfassade, wie Putzrisse, Verfärbungen und Auswaschungen der Oberfläche.

○ *Putzrisse*

Putzrisse sind nur vereinzelt beobachtet worden und können entweder statisch bedingt oder direkt während des Antrags in Folge von Verarbeitungsfehlern (z.B. Schwundrisse) entstanden sein.

○ *Oberflächenverfärbung - ockerfarben*

Neben den kriegsbedingten Steinputzverlusten wurden ockerfarbene Oberflächenverfärbungen festgestellt. Vermutlich liegt die Ursache in verwitterungsbedingten Ausspülungsprozessen der eisenhaltigen Bestandteile innerhalb der Kornzuschläge. Die ausgespülten Eisenverbindungen sind als Ablagerungen an der Oberfläche des Steinputzes zu beobachten.

○ *Oberflächenverfärbung - rotbraun*

Die Ursache für die rotbraune Oberflächenverfärbung wurde nicht untersucht, es kann aber angenommen werden, dass es sich hierbei um eine Pigmentveränderung des Eisenoxidschwarzes innerhalb der Steinputzmatrix handeln. Große Hitzeentwicklung direkter Feuerquellen an der Fassade können dazu geführt haben, dass sich das schwarze Eisenoxidpigment Fe_3O_4 roten Eisenoxid Fe_2O_3 chemisch verändert. Diese Pigmentumwandlung findet bei Temperaturen ab ca. 180°C statt⁵¹⁶.

○ *Auswaschungen*

Auswaschungen der Putzoberfläche können auf der gesamten Steinputzoberfläche der Nordfassade wahrgenommen werden. Diese werden durch verschiedene Verwitterungsprozesse verursacht, wobei die Bindung zwischen Zuschlägen und Bindemittel mürbe wird, sodass es partiell oberflächlich zum Substanzverlust kommt.

○ *Zusammenfassung im Hinblick auf konservierende Maßnahmen*

Neben Oberflächenphänomenen sind vereinzelte Risse am Putzbestand festgestellt worden. Als langfristige Schadenspotenziale gelten jedoch die zum Teil sehr großflächigen kriegsbedingten Putzausbrüche, deren Flankenbereiche offenliegende Übergänge vom Putz zum Untergrund, dem Ziegelmauerwerk, aufweisen. Der Schwachpunkt dieses Systems liegt hierbei im weicheren Ziegel. Der Ziegel liegt durch die Steinputzfehlstellen für Verwitterungsprozesse frei. Schädigungsprozesse aufgrund von eindringendem Wasser können unterhalb des dichten Steinputzmaterials den Ziegel mürbe machen. Eine geringere Haftung zum Untergrund oder gar dessen Wegfall stellt sich für die betroffene Steinputzpartie ein. Es kommt zu hohl liegenden Putzbereichen, die auf lange Sicht zu Schäden oder auch weiteren Fehlstellen bzw. sich vergrößernden Putzfehlstellen führen können.

Die sehr starren und dichten Steinputze sind zum Teil in großen Schalen vom Mauerwerk gelöst. Sofern diese noch zumindest in Teilen mit dem Mauerwerk verbunden sind, besteht vermutlich kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Um jedoch einen großflächigen Austausch potentiell gefährdeter Flächen zu verhindern, könnten Methoden zur Vernadelung angewendet werden, die ohne weitere Hinterfüllung einen Absturz solcher „Platten“ verhindern können. Auf Injektionsdübel und Vernadelung spezialisierte Firmen verfügen über entsprechende Kenntnisse, durch die z.B. Nadelraster und Nadeldurchmesser zu bemessen sind.

Im Großen und Ganzen weist der bauzeitliche Steinputz trotz der oben genannten Schadensphänomene einen stabilen Zustand auf. Entgegen der zahlreichen Putzausbrüche, die ca. vor 65 Jahren im Zuge des zweiten Weltkrieges verursacht wurden, ist der Steinputz in einem guten bis sehr gutem Zustand. Lediglich drei Pilaster wurden mit Netzen gesichert, um Passanden vor möglich abfallenden Putzteilen zu schützen.

⁵¹⁶ Vgl. <http://kremer-pigmente.de/48400.htm>



Abb. 492: Steinputz Nordfassade Nordflügel, kriegsbedingte Schäden: Ausbrüche, rötlich-braune Verfärbungen (evtl. durch Brand hervorgerufen)

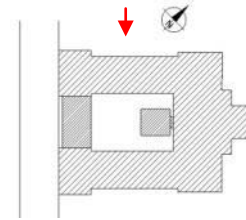


Abb. 493: Steinputz Nordfassade Mittelbau Nord, kriegsbedingte Substanzverluste

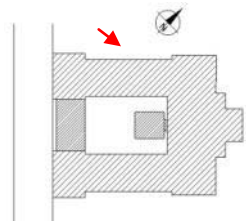


Abb. 494: Steinputz Nordfassade Mittelbau Nord, Craquelée

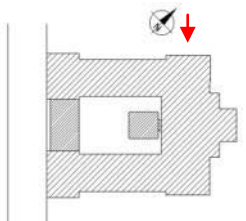




Abb. 495: Steinputz Nordfassade Nordflügel Triglyphenfries, links Auswaschungen und aktuell erneuerter Bereich

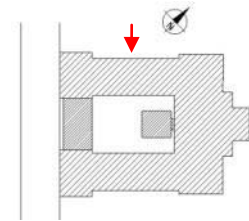


Abb. 496: Steinputz Nordfassade Nordflügel Pilasterreihe, Auswaschungen, an den Rändern dunkle Krustenbildung

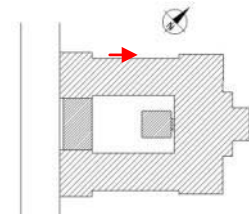
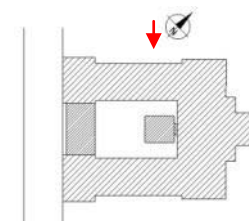


Abb. 497: Steinputz Nordfassade Nordflügel Pilasterreihe, Auswaschungen mit hell hervortretenden Kalksteinzuschlägen, oben Krustenbildung erkennbar. Unten im Bild konstruktionsbedingter Riss mit Hohllage



- **Materialität und Technologie**

Der bauzeitliche Steinputz aus den Jahren 1924/25 ist dunkelgrau, wobei die Putzfarbigkeit auf der gesamten Fassade um Nuancen variiert. Durch Auswaschungen von Verwitterungsprodukten der Zuschläge erscheint die Oberfläche ockerfarben.



Abb. 498: Probe PMu 08, Querschnitt; unten Unterputz, oben Oberputz mit deutlich ockerfarben oxidierte Schicht

Für Steinputze wurde als Bindemittel generell Zement verwendet. Bei der Materialanalyse wurde für den Steinputz am Pergamonmuseum ein belitreicher Portlandzement ermittelt.

Laut Quellenlage⁵¹⁷ erfolgte am Pergamonmuseum eine Pigmentierung mit „Zementschwarz“, was jedoch keine genaue Aussage zum Pigment erlaubt, da hiermit sowohl Manganschwarz als auch Eisenoxidschwarz gemeint sein können. Die Materialanalyse konnte Eisenoxidschwarz bestätigen. Eine Beigabe dunkler Steinmehle erfolgte offenbar nicht.

Der Steinputz ist meist zweischichtig aus Unter- und Oberputz aufgebaut. Die Oberputzschicht enthält ockerfarbene Kalksteinkörnungen, die bei der Materialanalyse eindeutig als dolomitisch identifiziert wurden. Bei den Sanierungsarbeiten (2008-2010) abgeschlagene Steinputzteile zeigen, dass die Oberputzstärke im Bereich der Nordfassade zwischen ca. 20 bis 60 mm variiert; in einigen Bereichen wurde der Steinputz ohne Unterputz direkt auf das Mauerwerk aufgetragen, u.a. auch zur Ausformung der Pilaster-Kannelierung und -Torus. Der Vergleich mit Angaben in der einschlägigen Literatur weist den Putz als nicht ungewöhnlichen Steinputz aus. Laut Lade/Winkler⁵¹⁸ kann die Putzstärke je nach Überarbeitungsart 2-6 cm betragen. Als Besonderheit wird an dieser Stelle erwähnt, dass „K-Steinputzmaterial ... auch direkt auf Beton oder Backsteinmauerwerk“ aufgetragen werden könne. Steinputz wird auf den leicht angezogenen Unterputz aus Zementmörtel aufgetragen und dann gleichmäßig abgeschliffen. Nach 2 bis 6 Tagen erfolge die Überarbeitung durch Steinmetzen. Auch ohne spezielle Überarbeitung müsse bei Steinputz die Zementhaut entfernt werden, damit die Körnung des Steinmaterials zum Vorschein käme.⁵¹⁹

Nach der Applikation des Mörtels wurde dann bis zum ersten Anziehen je nach Wetterbedingung einige Stunden Zeit gewartet, bevor mittels Wurzelbürsten die Steinputzoberfläche mit reinem Wasser abgewaschen wurde, um das Bilden einer harten Zementhaut zu verhindern.⁵²⁰ Nachdem die Zementhaut abgenommen wurde, wurde bis zum Abschleifen der Oberfläche wiederum einige Tage bzw. Wochen gewartet.

Nach dem groben Abschleif mit „einem scharfen Stein“⁵²¹ wurde die Putzoberfläche mit einem sehr feinen reinen Zementmörtel gespachtelt, um vorhandene offene Poren zu schließen. Danach wurde die Oberfläche mit dem Nachschleif bearbeitet. Der Feinschliff erfolgte zum Teil maschinell mit Schmirgel oder

⁵¹⁷ Freundliche Mitteilung Herr Hübner Büro Hübner & Oehmig (Quelle: Bautagebücher?), 2010

⁵¹⁸ Karl Lade, Adolf Winkler, Putz Stuck Rabitz, Stuttgart 1954, Nachdruck 1993, S. 106.

⁵¹⁹ Ebd.

⁵²⁰ Vgl. Produktbeschreibungsheft, „Terranova K Steinputz“, ca. 1925, Seite 19.

⁵²¹ Vgl. Probst, „Handbuch der Betonsteinindustrie“, 1936, Seite 580.

feinem Karborundum oder per Hand mit Schlangen- und Blutsteinen. Im abschließenden Arbeitsschritt wurde die Oberfläche mit Magnesiumfluat gehärtet.⁵²²



Abb. 499: Steinputzoberfläche mit sichtbarer Körnung, zum richtigen Zeitpunkt durchgeführte OF-Bearbeitung



Abb. 500: Körnung an der Steinputzoberfläche durch Zementhaut kaum sichtbar, zu späte OF-Bearbeitung,



Abb. 501: Unterer Bereich der Kanneluren an der Pilasterbasis



Abb. 502: Detail der Quaderung mit Scheinfugen

Tagwerksgrenzen weisen auf die zeitlich begrenzten Abschnitte hin, die während der anspruchsvollen Putzverarbeitung notwendig waren. Scheinfugen wurden zur künstlichen Nachstellung von Natursteinquadern in den frischen Putz gezogen. Ebenso konnten zur Imitation von Natursteinaderungen Bürstenstriche in den frisch aufgetragenen Putz eingefügt werden.

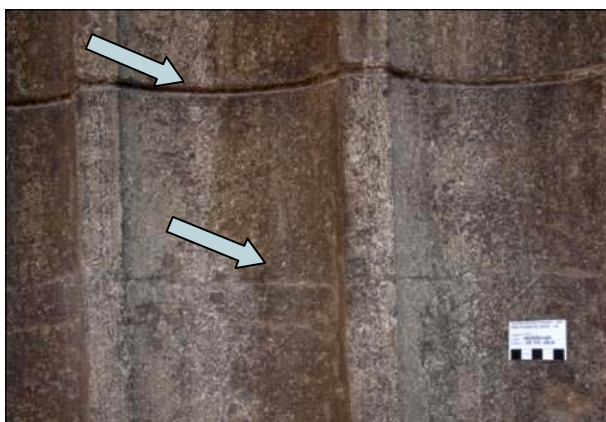


Abb. 503: Detail der Kanneluren eines Pilasters
im oberen Bildbereich: Scheinfuge;
im mittleren Bildbereich: Tagwerksgrenze



Abb. 504: Detail eines Metopen des Triglyphenfrieses -
Imitation einer Natursteinaderung

⁵²² Vgl. Lade/Winkler, „Putz-Stuck-Rabitz – Handbuch der Gewerbe“ 1952, Seite 144.

- **Im Vorfeld durchgeführte Maßnahmen Nordfassade Nordflügel**

o *Reinigungsflächen an der Nordfassade des Pergamonmuseums*

Zum Entfernen von Verwitterungsprodukten und Verschmutzungen wurden im Vorfeld der Sanierungsmaßnahmen Reinigungsversuche im Trockenreinigungsverfahren (**Strahlverfahren** mit Aluminiumsilikat unterschiedlicher Körnung, 2-6 bar, 10 cm Strahlabstand)⁵²³ durchgeführt.



Abb. 505: Musterreinigung im Strahlverfahren mit Aluminiumsilikat 0,04-0,09 mm, 4 bar, 10cm Abstand



Abb. 506: Musterreinigung im Strahlverfahren mit Aluminiumsilikat 0,2-0,5 mm, 6 bar, 10cm Abstand

Bewertung: Nach der Reinigung zeigten sich keine deutlichen Unterschiede in Oberflächenfarbe und -struktur. Die angewendeten Strahlverfahren scheinen gut für die Reinigung des sehr harten Steinputzes geeignet. Die Körnungen treten deutlich aus dem dunkleren Bindemittelanteil hervor, es sind weder eine Schädigung der Oberfläche noch verbliebende Krusten festzustellen.

Wie die begutachtete Putzprobe zeigt die gereinigte Fläche den sehr dunklen Bindemittelanteil mit den hellen Zuschlägen aus spitzem Korn. Da die dunkle Farbe der Fassade weitgehend nicht auf Krustenbildung zurückzuführen ist, wurden ursprünglich für das Objekt geplante zusätzliche Versuche zur Reinigung mit evtl. Gipsumwandlung verworfen.

⁵²³ Firma K. Rogge im Auftrag des Büros Hübner & Oehmig und BBR

o *Ergänzungsputze an der Nordfassade des Pergamonmuseums*

Während der Luftangriffe auf Berlin wurde das Pergamonmuseum schwer getroffen. Die Nordfassade wurde dabei stark beschädigt. Aus der Putzphasenkartierung ist die Lage von Steinputzergänzungen unterschiedlichen Datums zu entnehmen. Die jüngsten Ergänzungsputze aus den Sanierungsarbeiten 2008-2010 unterscheiden sich durch eine variierende optische Erscheinung zusätzlich in drei verschiedene Typen. Die vollständige, im Folgenden beispielhaft dargestellte Putzphasenkartierung ist im Anhang zu finden.⁵²⁴

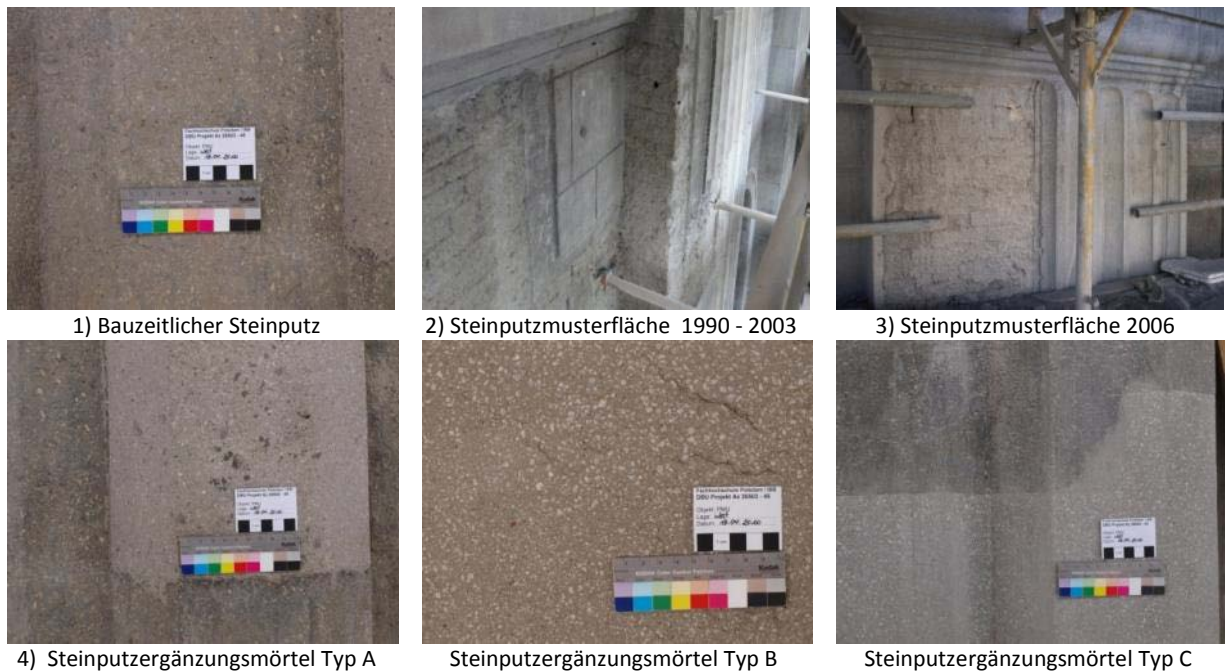


Abb. 507: exemplarische Zusammenfassung der verwendeten Steinputzphasen an der Nordfassade PMu

Steinputzmusterflächen

Partielle Steinputzmusterflächen wurden auf dem 2. und 3. Pilaster von links und dem Zwischenfeld angelegt. Eine genaue Zuordnung ausführender Firmen/Restauratoren konnte nicht erfolgen. Lt. mündlicher Quellen wurden wohl zumindest einige der im Zeitraum von 1990 und 2003 entstandenen Steinputzmusterflächen (Abb. 508) von der Firma Saint-Gobain Weber GmbH (damals Weber Maxit GmbH) ausgeführt.⁵²⁵ Ergebnisse dieser Maßnahmen sind jedoch nicht bekannt. Weitere Musterflächen sind großflächiger im zweiten Zwischenfeld und auf einer Hälfte des dritten Pilasters appliziert und steinmetzmäßig bearbeitet wurden. Die Ausführung erfolgte durch die Firma K. Rogge Spezialbau GmbH nach Rezepturen des Büro Romstedt, Gehring & Werner GmbH⁵²⁶.

Steinputzergänzungen 2009/2010

Im Bereich des Triglyphenfrieses wurden abschnittsweise Steinputzergänzungen angebracht⁵²⁷. Diese unterscheiden sich optisch in drei Typen, hier bezeichnet als Steinputzergänzungsmörtel Typ A, Typ B und Typ C. Der Steinputzergänzungsmörtel Typ C (Abb. 511) ist an der Nordfassade im Bereich des Triglyphenfrieses der repräsentative Steinputzergänzungsmörtel, sodass anschließend lediglich Aussagen über die Materialität und die Technologie dieses Ergänzungsmörtels getroffen werden. Typ A und B (Abb. 509, Abb. 510) wurden nur partiell als Musterflächen ausgeführt und sind an dieser Stelle zu vernachlässigen.

⁵²⁴ Siehe Anhang, „Kartierungen Nordfassade(Nordflügel) des Pergamonmuseum“.

⁵²⁵ Freundliche Mitteilung durch Herrn Öhring Außendienstmitarbeiter der Firma Saint Gobain GmbH, 2010.

⁵²⁶ Romstedt, Gehring & Werner GmbH Ing.-Büro für Restaurierung u. Sicherung in der Denkmalpflege, Kirchheim bei Arnstadt; die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden durchgeführt von IBW, Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

⁵²⁷ Herstellung: Firma „Romstedt Gehring & Werner GmbH“; Ausfühung: Firma „K.Rogge Spezialbau GmbH“



Abb. 508: Ergänzungsputz Typ B (Metope) und Typ A (Triglyphe)
Das Foto verdeutlicht das Fehlen des blaugrauen Farbstichs im Ergänzungsmörtel.



Abb. 509: Typ A mit hellen feinen und großen dunklen Zuschlägen



Abb. 510: Oben bauzeitlicher Putz, unten Typ B mit hellen feinen Zuschlägen



Abb. 511: links bauzeitlicher Putz, rechts Typ C mit hellen feinen Zuschlägen; Bindemittel etwas dunkler als bei Typ B

Herstellung der Putzergänzungen

Wegen der Verwendung von Kirchheimer Muschelkalk als Verblendung der repräsentativen Fassaden des Pergamonmuseums wurde zunächst angenommen, dass die Reste der Steinmetzarbeiten als Zuschläge für den bauzeitlichen Steinputz verwendet wurden. Diese Form des „Recyclings“ war auf Baustellen durchaus üblich, da somit keine zusätzliche Anlieferung von Gesteinssplitt notwendig wurde. Auf dieser Grundlage wurde die Zuschlagskörnung für die oben beschriebenen Ergänzungsmörtel ausgewählt.⁵²⁸ Es handelt sich hierbei um Kirchheimer Muschelkalk aus einem Steinbruch bei Würzburg. Das Gestein wurde gebrochen, um sich der Körnung des originalen Bestandes optisch zu nähern. Als Farbmittel wurde 3 bis 3,5 Ma%

⁵²⁸ Büro Romstedt, Gehring & Werner GmbH Ing.-Büro für Restaurierung u. Sicherung in der Denkmalpflege, Kirchheim bei Arnstadt; naturwissenschaftliche Untersuchungen IBW, Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Eisenoxidschwarz des Bindemittelanteils verwendet, als Bindemittel diente eine Mischung aus den Zementarten CEM I und CEM III/B.⁵²⁹ Der Konzeptmörtel wurde für Ergänzungen - hauptsächlich im Triglyphenfries der Nordfassade des Nordflügels - verwendet und nach Bemusterung leicht bezüglich Zuschlagstoffe und Pigmentierung variiert.⁵³⁰

Der technologische Aufbau der Ergänzungsmörtel erfolgte analog dem des bauzeitlichen Steinputzes⁵³¹, indem Steinputzergänzungsmörtel auf zementgebundenem Unterputz aufgebracht wurde. Als Haftbrücke zum Mauerwerk wurde zuvor ein Zementvorspritzputz angeworfen. Nach dem ersten Anziehen des Oberputzes erfolgte das Abwaschen der Zementhaut. Die Oberfläche wurde zum Teil mit Wurzelbürsten bearbeitet, um eine Natursteinmaserung darzustellen. Das Schleifen der entsprechenden Bereiche erfolgte nach etwa fünf Tagen. Für das grobe Vorschleifen wurde ein Winkelschleifer mit entsprechender Schleifscheibe verwendet. Der Feinschliff erfolgte von Hand mit Schleifsteinen.⁵³²

Zum Absäuern des frisch bearbeiteten Materials bzw. zum Entfernen des Zementschleiers wurden verschiedene Konzentrationen von Oxalsäure (reine Säure, Mischungen 1:2, 1:5 und 1:10) angewendet.



Abb. 512: Unterputz für den Steinputzergänzungsmörtel Typ C



Abb. 513: Mitarbeiter der Firma K.Rogge bei der Begrädigung der Putzkanten des Typs C an den Triglyphen



Abb. 514: Schleifen der Steinputzoberfläche mittels Winkelschleifgerät, Sanierungsarbeiten 2009/2010



Abb. 515: anschließender Feinschliff mit Schleifsteinen, Sanierungsarbeiten 2009/2010.

⁵²⁹ Freundliche Mitteilung durch Herrn Romstedt, Büro Romstedt, Gehring & Werner GmbH Ing.-Büro für Restaurierung u. Sicherung in der Denkmalpflege, Kirchheim bei Arnstadt; 2011.

⁵³⁰ K. Rogge Spezialbau GmbH, Berlin

⁵³¹ Freundliche Mitteilung durch Herrn Romstedt, 2011.

⁵³² Freundliche Mitteilung durch Mitarbeiter der ausführenden Firma K. Rogge Spezialbau GmbH Berlin, 2010.



Abb. 516: Oberflächenbearbeitung, Nachstellung der Natursteintextur im Ergänzungsputz Typ C



Abb. 517: Triglyphenfries nach Abschluss der Arbeiten 2010.

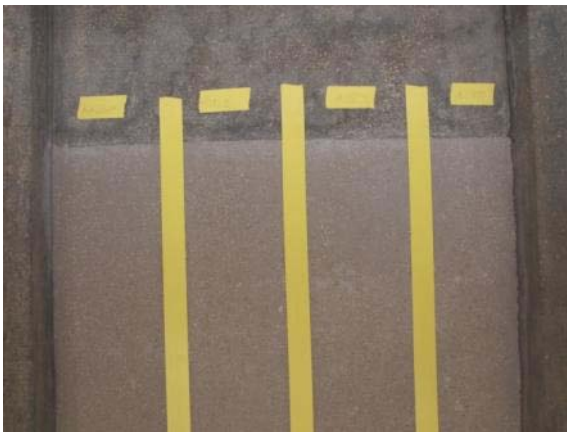


Abb. 518: Absäuerung Ergänzungsputz Typ B

Bewertung:

Ergänzungsmörtel Typ A: Die großen, dunklen Zuschläge stören das Erscheinungsbild, sie haben eine nicht gut an den Bestand angepasste Farbe und Korngröße. Möglicherweise handelt es sich auch um eine Verunreinigung in der Charge. Der Bindemittelanteil des bauzeitlichen Putzes ist deutlich dunkler.

Ergänzungsmörtel Typ B und C: Der Mörtelmischung konnte nur ein bestimmter Pigmentanteil hinzugegeben werden, da die Festigkeit des Putzes durch das Pigment herabgesetzt wird. Unter Berücksichtigung dieses Höchstwertes konnte mit der Nachmischung kein ähnlich dunkler Farbton wie beim bauzeitlichen Material erzielt werden.

Da auch bei Typ C der Farbton des nachgemischten Mörtels noch vom Bestand abweicht – der bauzeitliche Putz hat einen deutlich stärkeren Stich ins Blaugrau – wurde angenommen, dass dem ursprünglichen Material zum Einfärben zusätzlich dunkles Gesteinsmehl hinzugegeben wurde. Dies konnte bei der Materialanalyse jedoch nicht bestätigt werden.

Die später im Auftrag der FHP durchgeführten naturwissenschaftlichen Untersuchungen an den Putzproben zeigten des Weiteren anstelle von Kirchheimer Muschelkalk dolomitische Körnungen als Zuschläge. Bei den Nachstellungsversuchen im Labor der FHP wurden deshalb Dolomitmörnungen verwendet. Da hier Belange wie z.B. die Gewährleistung unberücksichtigt bleiben können, konnten zudem höhere Mengen Pigment in die Mischung gegeben werden, um die gewünschte dunkle Farbe zu erreichen.

Bis auf leichte Abweichungen in der Farbe weisen die mit handwerklichen Methoden hergestellten ergänzten Putzflächen insgesamt das in Anlehnung an den Bestand gewünschte Erscheinungsbild auf.

Absäuern: Alle Konzentrationen sind augenscheinlich zur Zementschleierentfernung geeignet, deutliche Unterschiede sind hierbei jedoch nicht erkennbar.

6.10.2 Entwicklung eines Nachstellungsmörtels für das Pergamonmuseum

6.10.2.1 Anforderungen an einen Nachstellungsmörtel

Der Erhalt der bauzeitlichen Bausubstanz sollte an erster Stelle stehen. Neben rein konservatorischen Maßnahmen ist das Schließen der Putzfehlstellen mit Steinputzergänzungsmörtel als sinnvoll zu erachten, um Folgeschäden zu vermeiden. Anforderungen an die zu entwickelnden Steinputzergänzungsmörtel waren die Anpassung der an den Putzbestand durch Angleichung des Aufbaus, der Zusammensetzung und der Optik/Haptik, ähnliche physiko-mechanische Eigenschaften der Ergänzungsmassen und Originalsubstanz und die Ausführbarkeit am Mauerwerk.⁵³³

Am Pergamonmuseum entnommene Steinputzproben wurden im Labor untersucht hinsichtlich der Identifizierung des Bindemittels, der Zuschlagskörnung, des Farbmittels und weiterer Putzbestandteile mittels Polarisationsmikroskopie an Dünnschliffen (PolMi), Elektronenstrahlmikroskopie (REM) und energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX).⁵³⁴ Außerdem wurden Proben zur Messung des dynamischen E-Moduls an ein Prüflabor abgegeben.⁵³⁵ Eine nasschemische Putzanalyse ergab, dass es sich bei dem bauzeitlichen Steinputz um ein Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis von 1:2,5 handelt⁵³⁶. Dieses Ergebnis liegt im erfahrungsgemäß üblichen Bereich für Steinputze aus dieser Zeit (1920er/1930er Jahre).

6.10.2.2 Materialien und ihre Beschaffbarkeit in der Praxis

Im Folgenden werden die Auswahl und der Beschaffungsaufwand des Bindemittels, der Zuschläge und des Farbmittels für die Steinputzergänzungsmörtel erläutert. Es wird dabei auch auf alternative Produkte eingegangen, die im Zuge der Arbeit nicht angewandt wurden.

- Bindemittel

Belitreicher Portlandzement weist die Klinkerphase Belit (C_2S) in hohen Anteilen auf. Diese Eigenschaft wird im Zuge der Hydratation bemerkbar, da Belit C_2S weniger schnell erhärtet und in dessen verstärkter Anwesenheit sich die Zementmatrix somit langsamer verfestigt als bei einem an Alit (C_3S) reichen Zement. Wie das Druckfestigkeit-Zeit-Diagramm (rechts) zeigt, erreicht Belit (C_2S) zu Anfang eine geringere Druckfestigkeit als Alit (C_3S). Nach 360 Tagen ist jedoch die Druckfestigkeit der beiden Klinkerphasen nahezu gleich. Belitreicher Zement weist also in der Anfangsphase der Hydratation geringere Festigkeiten auf, jedoch erreichen im Laufe der Zeit sowohl belitreicher als auch alitreicher Zement die gleichen Druckfestigkeiten.

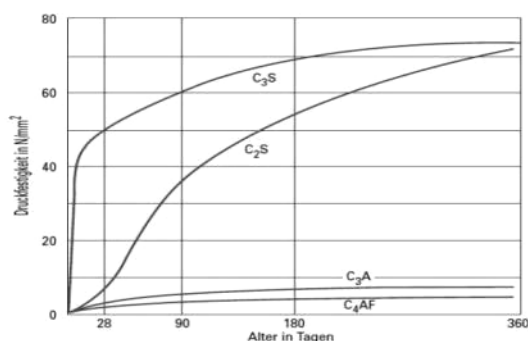


Abb. 519: Druckfestigkeiten der reinen Klinkerphasen bis zum Alter von 360 Tagen⁵³⁷

⁵³³ Bewertungsmaßstäbe hierfür finden sich im WTA Merkblatt 3-16 Ausgabe:12.2009/D, „Kunststeinrestaurierung“, 2009, S.9 und bei: Sneathlage, Leitfaden für Steinkonservierung 1997, S. 98.

⁵³⁴ S. Untersuchungsbericht 6067-10 der Amtlichen Materialprüfanstalt Bremen.

⁵³⁵ S. E-Modulmessung Köhler

⁵³⁶ Analyse Anja Idehen, FHP. Hierbei wurden die dolomitischen Bestandteile rechnerisch berücksichtigt. Aufgrund nicht ermittelbarer Reaktionsprodukte in Mörteln muss allerdings immer mit gewissen Ungenauigkeiten gerechnet werden. Ein Vergleich mit in Literatur und Praxis angegebenen üblichen Mischungsverhältnissen ist deshalb immer anzuraten.

⁵³⁷ <http://www.vdz-online.de>, Kompendium Zement Beton, 2012.

Die geringere Anfangsfestigkeit des belitreichen Zements ist während der nachträglichen Steinputzoberflächenbearbeitung am Pergamonmuseum für die ausführenden Steinmetze von Vorteil gewesen. Der richtige Zeitpunkt für die nachträgliche Bearbeitung ist nach SCHÖNBURG⁵³⁸ zwischen zwei und vier Tagen nach dem Putzauftrag gegeben. Er empfiehlt jedoch auch Probebiebe vorzunehmen, die über die Härte und Bearbeitbarkeit des Steinputzes Aufschlüsse geben können. Die Kornzuschläge sollten scharf brechen, aber nicht aus dem Putzgefüge herauspringen.⁵³⁹ So sind der Grad der Erhärtung des Zementgefüges und die Zementzusammensetzung für die steinmetzmäßige Bearbeitung des Steinputzes von großer Bedeutung und sie wurden bereits während der Putzausführung am Pergamonmuseum vermutlich bewusst gewählt.

Als Bindemittel der Ergänzungsmörtel wurde in Anlehnung an das Original zunächst Portlandzement ausgewählt. Im Merkblatt der Firma Dyckerhoff AG wurde der CEM I 42,5 R, PZ Doppel⁵⁴⁰ als „gut geeignet“ für Putzmörtel und zur Herstellung von Betonwerkstein sowohl innen als auch außen eingestuft.⁵⁴¹ Der Portlandzement kam bei der ersten Probereihe zum Einsatz.

Wegen der hohen Dichte und Härte von Zement sowie der Gefahr, zusätzlich wasserlösliche Salze in ein Objekt zu bringen, werden in der Restaurierung oftmals Alternativen für rein zementgebundene Mörtelsysteme verwendet. Hierbei kommen beispielsweise natürliche hydraulische Kalke als Bindemittel in Frage, da diese einen relativ niedrigen Natrium-, Kalium- und Sulfationengehalt aufweisen.⁵⁴² Da bei Verwendung von natürlichen hydraulischen Kalken jedoch keine ausreichende Härte zur steinmetzmäßigen Bearbeitung gegeben ist, kommen diese hierbei nicht als alternative Bindemittel in Frage.

Aufgrund des hohen Gehaltes wasserlöslicher Salze im Portlandzement wurde für die weiteren Untersuchungen ein alternativer Zement ausgewählt. Dabei fiel die Wahl auf den Hochofenzement CEM III/A 42,5 N - LH/NA⁵⁴³ ebenfalls von der Firma Dyckerhoff AG.⁵⁴⁴

Die Wahl des Bindemittels beeinflusst durch seine Eigenfarbe auch die Farbe des fertigen Steinputzes.



Abb. 520: Portlandzement (links) und Hochofenzement (rechts).

Portlandzement - CEM I 42,5 R: 116€ pro t = 0,12€ pro kg⁵⁴⁵

Hochofenzement - CEM III/A 42,5 N - LH/NA: 111€ pro t = 0,11€ pro kg.⁵⁴⁶

⁵³⁸ Vgl. Schönburg, Gestalten mit Putzmörteln, 1991, Seite 137.

⁵³⁹ Vgl. Probst, Handbuch der Betonsteinindustrie, 1936, Seite 612.

⁵⁴⁰ Vgl. Eigenüberwachungszeugnis Dyckerhoff

⁵⁴¹ <http://www.dyckerhoff.de/online/de/Home/Zement/Grauzement.html>, Grauzement, 2011.

⁵⁴² Vgl. Gödicke-Dettmering, Mineralogische und technologische Eigenschaften von hydraulischen Kalk als BM von Restaurierungsmörteln für Baudenkmäler aus Naturstein, 1997, Seiten 100ff. und: www.institut-fuer-steinkonservierung.de, 2011.

⁵⁴³ Vgl. Eigenüberwachungszeugnis Dyckerhoff

⁵⁴⁴ Die Produkte wurden direkt aus dem Zementsilo der Firma „DYCKERHOFF BETON SERVICE GMBH & CO KG“ in Berlin – Prenzlauer Berg bezogen; beide Zemente stammen aus dem Zementwerk Deuna in Thüringen.

⁵⁴⁵ www.dyckerhoff.de, Lieferprogramm -Preislisten.

⁵⁴⁶ Ebd.

Um den zusätzlichen Salzeintrag zu verringern, können alternativ zu Portlandzement andere Zemente verwendet werden. Diese Zemente weisen einen geringeren Gehalt an Portlandzementklinkern auf und sind deshalb mit weniger wasserlöslichen Salzen belastet.

CEM I...	Portlandzemente mit 100% Portlandzement-Klinker
CEM II / A...	Portlandkompositzemente mit 80%-94% Portlandzement-Klinker
CEM II / B...	Portlandkompositzemente mit 65-79% Portlandzement-Klinker
CEM III / A...	Hochofenzemente mit 35-64% Portlandzement-Klinker
CEM III / B...	Hochofenzemente mit 20-34% Portlandzement-Klinker

Außerdem sind Spezialzemente auf dem Markt zu erhalten, die einen geringeren Alkaligehalt und somit weniger wasserlösliche Alkalisalze aufweisen. Im Zuge dieser Arbeit wurde neben dem Portlandzement **CEM I 42,5 R** ein Hochofenzement **CEM III/A 42,5 N - LH/NA** mit einem Portlandzement-Klinkeranteil von 35-64% und wenig wirksamen Alkaligehalt (NA) verwendet.⁵⁴⁷

- **Zuschläge**

Die meist kantigen Natursteingranulate im Steinputz der Nordfassade des Pergamonmuseums, mit der maximalsten Korngröße bis 6 mm, wurden dem Dolomitgestein zugeordnet. Stellenweise enthielten die dolomitischen Zuschläge Kalifeldspat-Einschlüsse, primäre Calcitdomänen bzw. calcitische Rissfüllungen und eisenreiche Tonminerale. Eine der beiden untersuchten Proben wies außerdem neben den Dolomitmörnern geringe Mengen silikatischer Zuschläge in Korngrößen bis 0,7 mm auf. Die Zuschlagkörner wurden mittels Polarisationsmikroskopie (PoMi), Elektronenstrahlmikroskopie (REM) und energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) analysiert.

Dolomit

Dolomit ist ein Sedimentgestein und gehört zu der Gruppe der Karbonatgesteine/Kalksteine, welches mindestens zu 90% aus dem Mineral Dolomit $[CaMg(CO_3)_2]$ besteht. Jenes Dolomitmineral entsteht durch Verdrängung (Metasomatose) von Calcium durch Magnesium aus Kalkstein.⁵⁴⁸ Die Dolomitisierung, wie die Verdrängung von Calcium durch Magnesium auch genannt wird, liegt in der Natur selten 100%ig vor. Calcit und weitere mineralische Anteile wie Tonminerale und Limonit sind oftmals im Dolomit enthalten.⁵⁴⁹ Je nach Höhe der Eisenoxidgehalte kann Dolomit leicht gelblich bis braun gefärbt sein.⁵⁵⁰ Dolomit ist im Vergleich zum chemisch ähnlichen Kalkstein härter, jedoch viel spröder. Seine splitttrige unbearbeitete Felsoberfläche gibt einen ersten Anhaltspunkt zur Identifizierung von Dolomit unter dem Mikroskop.

Kornoberfläche, Kornverteilung und Wasseraufnahmekoeffizient

Die optische Eigenschaft und physikalische Werte eines Putzes werden durch drei wichtige Faktoren beeinflusst, die bei der Auswahl der Zuschläge beachtet werden sollten: die Kornoberfläche, die Korngrößenverteilung und der Wasseraufnahmekoeffizient.

Die Form der Körner ist für die optische Erscheinung des Steinputzes wichtig und ist abhängig von der Zerkleinerungsart des Gesteins. Dabei ist es entscheidend ob Mahlmühlen, Zangen zum Brechen des Korns oder sonstige Zerkleinerungsmaschinen verwendet wurden.

Eine gute Bindung zwischen einzelnen Körnern in der Putzmatrix ist gegeben, wenn kleinere Körner Zwischenräume ausfüllen, die durch das Aneinanderlagern größerer Körner entstehen.⁵⁵¹ Ein Putz mit einer idealen Korngrößenverteilung ist gemischtkörnig und hohlraumarm. Dadurch ist eine gute Festigkeit des

⁵⁴⁷ vgl. STARK/WICHT; 2000, Seite 96 und www.heidelbergcement.com, 2011.

⁵⁴⁸ www.geodienst.de, Dolomit, 2011.

⁵⁴⁹ vgl. REINSCH, Natursteinkunde, 1991, Seite 152.

⁵⁵⁰ <http://www.materialarchiv.ch>, Dolomit, 2011.

⁵⁵¹ Vgl. Clas „Steinputz in Theorie und Praxis“ in Deutsche Bauzeitung, Heft Nr. 8.,“, 1926, Seite 62.

Putzgefüges gewährleistet, die insbesondere im grobkörnigen Steinputzgefüge benötigt wird. Neben den großen Körnern, die die optische Erscheinung eines Steinputzes bestimmen, sind Gesteins-mehl, -sand und -grieß nicht zu vernachlässigen.

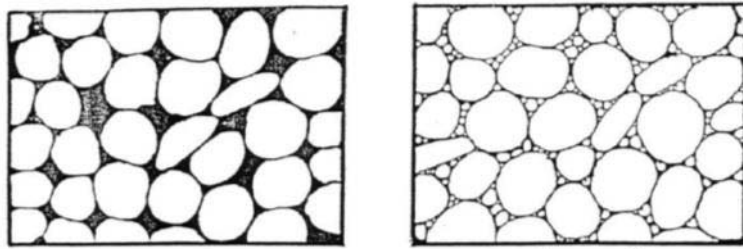


Abb. 521: ungünstige Korngrößenverteilung (links), bessere Korngrößenverteilung (rechts)

Die Korngrößenverteilung wird je nach der anschließend gewünschten steinmetzmäßigen Bearbeitungstechnik ausgewählt.⁵⁵² Laut SCHÖNBURG⁵⁵³ sollte eine Korngrößenverteilung 0/4mm gewählt werden, wenn die Putzoberfläche anschließend fein scharriert werden soll. Zudem sei ein Steinputz mit den Korngrößen 0/8 mm gut geeignet, wenn beabsichtigt ist, die Steinputzoberfläche grob zu scharrieren.⁵⁵⁴

Beim Steinputz des Pergamonmuseums handelt es sich um ein zementgebundenes Putzgefüge mit dolomitisch/calcitischen Kornanteilen. Durch das Versetzen der Probe mit Salzsäure (HCl) löst sich in dem Fall auch die Dolomitmörnung. Eine klassische Sieblinie kann somit nicht erstellt werden, sodass während der Mischung der Ergänzungsmörtel verschiedene Korngrößenverteilungen erprobt wurden.

Dolomitgestein am Beispiel der Ostrauer Kalkwerke GmbH

Das sächsische Unternehmen „Ostrauer Kalkwerke GmbH“ nordöstlich von Döbeln baut Dolomitgestein ab, welches vorwiegend für die Landwirtschaft als Düngekalk weiterverarbeitet wird. Außerdem werden Produkte für den Garten- und Landschaftsbau, sowie für den Straßenbau und die Industrie hergestellt. Die Ortschaft Ostrau befindet sich am Südostrand des sogenannten „Mügelner Beckens“, wo unter anderem vulkanisches Gestein, bunter Sandstein und eine im Durchschnitt 10-20 m starke Schicht Dolomitgestein – der sogenannte „Ostrauer Plattendolomit“ - lagert. Dolomit wurde ursprünglich an vielen Orten Sachsens abgebaut, jedoch ist heute nur noch der Dolomittagebau der Ostrauer Kalkwerke GmbH im Freistaat Sachsen in Betrieb.⁵⁵⁵



Abb. 522: Dolomitsteinbruch Ostrau



Abb. 523: feinere Dolomitmörnung der „Ostrauer Kalkwerke GmbH“ 0-0,09mm Kalksteinmehl, 0,1-2mm Kalkbrechsand, 0,1-4mm Dolomitgrieß (von rechts nach links).

Im Ostrauer Kalkwerk werden grobe bis feine Korngrößen aus dem Dolomitgestein gewonnen und durch entsprechende Sieben nach Korngrößenmischungen wie zum Beispiel Dolomitsplitt (2-5mm), Dolomitgrieß

⁵⁵² Vgl. Probst, Erich: Handbuch der Betonsteinindustrie, Halle a.S. 1936, S. 611.

⁵⁵³ Schönburg, Kurt: Gestalten mit Putzmörteln, Berlin 1991, S. 138.

⁵⁵⁴ Vgl. ebd.

⁵⁵⁵ <http://www.ostrauer-kalkwerke.de>, 2011.

(0,1-4mm), Kalkbrechsand (0,1-2mm) und Dolomitmehl(0-0,9mm) separiert.⁵⁵⁶ Da heute längst nicht mehr so viele Zuschlagskombinationen erworben werden können, wie z.B. zu Anfang des 20. Jh., ist beim Versuch der Nachstellung eines Steinputzes die Beschaffung eines geeigneten Natursteingranulates ein nicht zu unterschätzender Faktor. Bei größeren Projekten käme evtl. in Betracht, beim Händler oder im Steinbruch Gesteinsblöcke der jeweilig benötigten Gesteinsart zu erwerben und diese in einem Mahlwerk/Mahlmühle zerkleinern zu lassen. Vor allem feine Korngrößen kleiner als 2mm sind beim Händler schwer verfügbar. Splitt in Größen von z.B. 2 bis 5 mm ist hingegen einfacher zu beschaffen. Auch dieser könnte unter Umständen ebenfalls in entsprechenden Zerkleinerungsmaschinen in die benötigten feineren Korngrößen zerkleinern werden. Hilfreich bei der Suche nach speziellen Gesteinsgranulaten ist das Internet.⁵⁵⁷ Auch große Baustofffirmen bieten z.T. Körnungen in verschiedensten Farben und Korngrößen an.⁵⁵⁸

Im sächsischen Dolomitsteinbruch der Firma „Ostrauer Kalkwerke GmbH“ waren die für die Nachstellungsproben notwendigen Korngrößen von 0 bis 5mm verfügbar. Der ockerfarbene Dolomit aus Ostrau weist mit seinen kantigen Kornoberflächen eine ideale Formgebung in Anlehnung an die Körnung des Originalputzes auf, passt jedoch farblich weniger gut. Für die Ergänzungsputze wurde außerdem ein weiterer Dolomitsplitt aus dem bayrischen Barbingen von der Firma „DüKa Düngerkalkgesellschaft mbH“ verwendet. Neben weniger ockerfarbenen Körnern verfügte dieser über zahlreiche graue Körner und kommt dem Original in seiner Farbigkeit näher. Die Kornoberfläche des eher abgerundeten Dolomitsplitts aus Bayern entspricht dem Original aber weniger. Entgegen der Vielzahl an Korngrößen, die die Firma „Ostrauer Kalkwerke GmbH“ zur Verfügung stellte, konnte aus Barbingen außer dem grobkörnigen Splitt mit den Korngrößen 2 bis 5 mm keine andere Korngröße erworben werden.



Abb. 524: grobe Dolomitsplitt der „Ostrauer Kalkwerke GmbH“ 2-5mm Dolomitsplitt.



Abb. 525: grobe Dolomitsplitt der „DüKa Düngerkalkgesellschaft mbH“ 2-5mm Dolomitsplitt.

Farbmittel

Als Farbmittel im Steinputz der Nordfassade des Pergamonmuseums wurde das Pigment Eisenoxidschwarz mittels Elektronenstrahlmikroskopie (REM) und energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) identifiziert.

Eisenoxidschwarz ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) wird auch Oxydschwarz oder Universalschwarz genannt.⁵⁵⁹ Das schwarze Eisenoxidpigment gehört zur Palette der Zementfarben und ist demnach auch als Zementschwarz bekannt. Als natürliches Mineral kommt es als Magnetit vor, wurde allerdings erst nach Beginn der synthetischen Herstellung seit etwa 1920 verstärkt als Pigment verwendet. Das synthetisch hergestellte Eisenoxidschwarz verdrängte das Manganschwarz und auch die schwarzen Kohlenstoffpigmente Bein- und Pflanzenschwarz

⁵⁵⁶ Freundliche Mitteilung von Martin Dürasch (Außendienstmitarbeiter), 02.11.2011

⁵⁵⁷ Z.B.: <http://www.naturstein-adressen.de/steinbruch-schotterwerke-hersteller/dolomit/>, 2012; hier findet sich eine Liste mit Steinbrüchen und Gesteinslieferanten

⁵⁵⁸ <http://www.sg-weber.de/natursteinkoernung.html>

⁵⁵⁹ Hans-Peter Schramm, Bernd Hering: Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung, Ravensburg 2000, Seite 62.

in der Wandmalerei und Anstrichtechnik weitgehend. Laut SCHRAMM/HERING hatte/hat das schwarze Oxidpigment, neben der Verträglichkeit mit allen anderen Pigmenten und der Anwendbarkeit in allen Bindemitteln, eine besondere Bedeutung beim Durchfärben von Kalk- und Zementputzen.⁵⁶⁰

Bei der Verwendung von Pigment als Farbmittel für Putzmörtel ist darauf zu achten, dass die Grenze von 5 Ma.-% des Bindemittelgehaltes nicht überschritten wird, da das Pigment das richtige Abbinden des Putzes stören kann und sich ein zu hoher Pigmentanteil deshalb negativ auf die Festigkeit des Putzes auswirkt.⁵⁶¹

Zum Einfärben von Beton sind Pigmentzugaben in Größenordnungen von 3-6 Ma.-% üblich.⁵⁶²

Nach DYCKERHOFF⁵⁶³ ist die größtmögliche Pigmentzugabe von der Art des Pigments abhängig. So schreibt er im Jahre 1882, dass Schwarz mit „Braunstein“ und einer maximalen Zugabe von 12 Ma.-% erzielt wurde. Farbige Zemente wurden rot mittels Caput Mortuum, grün mittels Ultramarin grün, gelb sowie braun mittels Ockerpigmenten bei einer maximalen Pigmentmenge von 6 Ma.-% des Bindemittelgewichts hergestellt. Bei der Zugabe vom blauen Ultramarinpigment gibt DYCKERHOFF 5 Ma.-% als größtmögliche Farbmittelzugabe an.

Die Pigmentzugabe während der ersten Probereihen und der Herstellung der Probemischungen für die Modifizierung der Steinputzergänzungsmörtel wurde wie folgt durchgeführt: Die benötigte Menge des Zements (je nach BMZ-Verhältnis) für den herzustellenden Mörtel wurde zunächst in Raumteilen ermittelt und dann im trockenen Zustand gewogen. Fünf Prozent dieser Masse wurden nun dem noch trockenen Zement an Pigment hinzugegeben. Zement, Zuschläge und Pigmente wurden gründlich im trockenen Zustand vermengt, sodass das Farbmittel im Anschluss homogen vermischt im Putzgefüge vorliegt.

Festigkeitsverlust bei zu hohem Pigmentanteil

Der erwartete Festigkeitsverlust wurde durch eine Biegezugfestigkeitsmessung⁵⁶⁴, anhand von drei Probemischungen untersucht. Die drei Probemischungen sind mit dem Hochofenzement CEM III 42,5 N LH/NA und der Korngrößenverteilung „Kornotyp B“ in einem Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis von 1:4 gebunden. Lediglich der Pigmentanteil variiert mit 5Ma%, 10Ma% und 15Ma%. Die Probemischungen sind in Form von zylindrischen Probekörpern mit einem Durchmesser von ca. 5cm und einer Höhe von ca. 0,5cm hergestellt worden, um die biaxiale Biegezugfestigkeiten messen zu können und untereinander zu vergleichen. Für die Untersuchung wurden von jeder Probemischung drei Probekörper gemessen.



Abb. 526: Probekörper der Probemischungen PMu PrMi 22, 25 und 26 (v. links n. rechts).

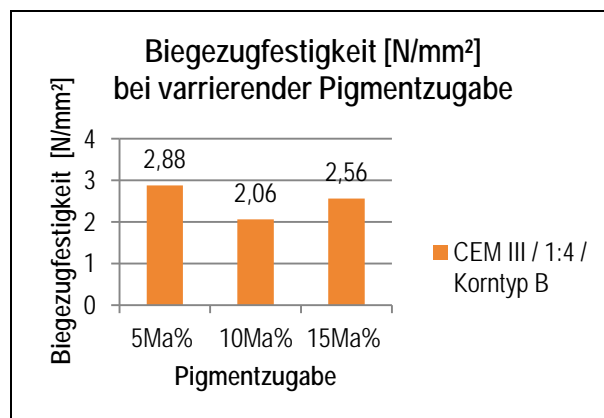


Abb. 527: Biegezugfestigkeit-Pigmentzugabe-Diagramm.

⁵⁶⁰ Vgl. SCHRAMM/HERING (2000), Seite 62.

⁵⁶¹ Vgl. Jochen Stark, Bernd Wicht: Zement und Kalk, Basel 2000, Seite 122.

⁵⁶² Zementblatt H8, abrufbar über www.beton.org, 2012.

⁵⁶³ Vgl. DYCKERHOFF (1882).

⁵⁶⁴ ausführliche Beschreibung der Untersuchungsmethode: siehe „5.2.5 Biaxiale Biegezugfestigkeit“.

Aus den Messwerten wurde das arithmetische Mittel jeder Probemischung gebildet (s. Abb. 527). Die Probemischung mit dem maximalen Pigmentanteil von 5 Ma.-% weist eine höhere Festigkeit auf als die Probemischungen mit 10 Ma.-% und 15.-Ma%. Der erwartete Festigkeitsverlust von 10 Ma.-% auf 15 Ma.-% ist in der Untersuchung nicht bestätigt worden. Dies erklärt sich vermutlich aus der geringen Probekörperanzahl von jeweils drei Probekörpern. Die erwartete Tendenz des Festigkeitsverlusts bei mehr als 5 Ma.-% Pigmentanteil ist jedoch im Zuge der Messung bestätigt worden.

Zementfarben werden in der heutigen Betonindustrie oftmals in flüssiger Form und genau definierten Mengen dem Zementmörtel hinzugegeben. Dadurch sind die exakte Wiederholbarkeit und ein homogenes farbiges Erscheinungsbild innerhalb des eingefärbten Betonteils oder auch der Betonteile untereinander gewährleistet.⁵⁶⁵ Die Firma Schlieper&Heyng GmbH & Co. KG beschreibt auf der Homepage⁵⁶⁶ den Verflüssigungsvorgang ihrer „FERROXON-Produkte“ (Oxidpigmente) wie folgt: „Die Pigmente werden mit geeigneten Additiven in einem *Dissolver*⁵⁶⁷ oder auch in einem konventionellen Rührwerk dispergiert und stabilisiert, in Fässer oder Container gefüllt und zum Kunden transportiert.“⁵⁶⁸ Obwohl es sich laut eigener Aussage bei der Firma Schlieper&Heyng um einen „überzeugten Hersteller von Pulverpigmenten“ handelt, wurden die sogenannten „Slurries“⁵⁶⁹ aufgrund der zahlreichen Vorteile in die Produktreihe aufgenommen. So zeichnet sich der staubfreie und kontrollierbare Eintrag der flüssigen Farbmittel in die Zubereitung, z.B. Zementmörtel, als vorteilhaft aus. Die verbesserte Verteilung der flüssigen Zementfarbe beim Mischvorgang und ein folglich intensiveres Farbergebnis als bei Pigmentpulver stellen für den Verbraucher erheblichen Zeit- und Komfortgewinn dar.⁵⁷⁰

Die Vorteile der „Slurries“ sind am Beispiel der unerwünschten Pigmentanreicherungen in der Probemischung „PMU 02 DO“ (Abb. 528) nachvollziehbar. Dieses Phänomen entstand aufgrund unzureichender Durchmischung des trockenen Mörtelgemischs vor der Zugabe des Anmachwassers. Bei Anwendung der „Slurries“ könnten jedoch Additive, die von Seiten des Herstellers vermutlich nicht vollständig bekannt gemacht sind, in das Gefüge der Ergänzungsmassen eingebracht werden. Physikalische Einwirkungen auf den originalen Putzbestand sind dadurch nicht vorhersehbar. Durch die Alterung ist ua. Durch die Anwesenheit von unbekanntem Additiven eine unerwünschte farbliche Veränderung der mit flüssiger Zementfarbe eingefärbten Steinputzergänzungspunkte ggf. außerdem gegeben. In Anlehnung an die Zusammensetzung des Originals und der historischen Technik wurde bei den ersten Probereihen und der späteren Modifizierung der Steinputzergänzungsmörtel ausschließlich Eisenoxidschwarz in pulveriger Form verwendet.



Abb. 528: Pigmentanreicherung, erste Probereihe, PrMi PMU 02 DO.

Die Beschaffbarkeit von Eisenoxidschwarz stellte sich als einfach heraus. Bei der Firma Kremer Pigmente GmbH und Co. KG ist 1 kg Eisenoxidschwarz derzeit für 7,50€ (inkl. MWSt., Stand 2013) erhältlich.⁵⁷¹

⁵⁶⁵ Freundliche Mitteilung, Martin Dürasch „Ostrauer Kalkwerke GmbH“, 2011.

⁵⁶⁶ Vgl. <http://www.ferroxon.de>, 2012.

⁵⁶⁷ Dissolver: vor allem in der Farben- und Lackindustrie, chemischen Industrie und Kunststoffindustrie zur Dispergierung genutzter Scheibenrührer.

⁵⁶⁸ <http://www.ferroxon.de>, „Flüssigfarben“, 2012.

⁵⁶⁹ Ein Slurry ist eine Suspension (lat.: *suspendere* „aufhängen“; in der Schwebe lassen). Hierbei handelt es sich um ein heterogenes Stoffgemisch aus einer Flüssigkeit und darin fein verteilten Festkörpern. Festkörper werden mit geeigneten Aggregaten (Rührer, Dissolver, Flüssigkeitsstrahlen, Nassmühle) sowie meist mit zusätzlichen Dispergiermittel aufgeschlämmt und in der Flüssigkeit in der Schwebe gehalten.

⁵⁷⁰ <http://www.ferroxon.de>, „Flüssigfarben“, 2012 und freundliche Mitteilung, Martin Dürasch „Ostrauer Kalkwerke GmbH“, 2011.

⁵⁷¹ <http://www.kremer-pigmente.com/de/pigmente/eisenoxidschwarz-318--farbstark-48400.html>, letzter Aufruf Apr. 2013.

6.10.2.3 Erstproben des Nachstellungsmörtels

- Durchführung

Erste Putzproben wurden zunächst nur unter optischen Gesichtspunkten und in Anwendung der zusammengetragenen Materialien hergestellt. Dabei spielten vor allem die Parameter Korngrößenverteilung, Bindemittel/Zuschlag-Verhältnis und Pigmentzugabe eine Rolle. Nach dem Anschliff der Steinputzoberflächen wurden Probemischungen unter der Betrachtung des optischen Endresultats für nächste Schritte ausgeschlossen bzw. favorisiert.

Zunächst wurden die Zuschläge aus Dolomitsplitt (2-5mm), Dolomitgrieß (0,1-4mm) und Kalkbrechsand (0,1-2mm) von der Ostrauer Kalkwerke GmbH mit der Zugabe von gesiebt Quarzsand (<1mm) in verschiedenen Mischungsverhältnissen gemischt. Dabei wurde jede Korngrößenverteilung einmal zu vier Teilen und einmal zu fünf Teilen mit einem Teil Bindemittel vermengt. Als Bindemittel wurde Portlandzement „CEM I 42,5 R, PZ Doppel“ der Firma Dyckerhoff AG verwendet, dem das Pigment (Eisenoxidschwarz) zunächst trocken beigemischt wurde. Es wurden jeweils vier Proben mit der Zugabe von 4 Ma.-% und 5 Ma.-% Pigment im Bezug auf die Masse des zu verwendenden Bindemittels hergestellt.

Korngrößenverteilung (T=Teil(e))			
I Typ A	I Typ B	I Typ C	I Typ D
1 T Dolomitsplitt	1 T Dolomitsplitt	2 T Dolomitsplitt	1,5T Dolomitsplitt
1 T Dolomitgrieß	1 T Dolomitgrieß	1,5 T Kalkbrechsand	1 T Dolomitgrieß
1 T Kalkbrechsand	1 T Quarzsand	0,5 T Quarzsand	0,5 T Kalkbrechsand
1 T Quarzsand			1 T Quarzsand

Tabelle 37: Korngrößenverteilung/Kornntypen der Erstproben.

Als Farbmittel wurde das schwarze Pigment Eisenoxidschwarz verwendet und hierbei vor allem seine Färbekraft geprüft. Der maximale Anteil von 5Ma.-% wurde hierbei gewählt, um abschätzen zu können, ob der zum Teil sehr dunkle Bestandputzes nachstellbar ist. Ein gutes trockenes Vormischen des Pigments mit dem Bindemittel ist sichtlich von großem Nutzen. Eine fehlerhafte Probemischung weist auf der Oberfläche dunkle Flecken auf, die als Anreicherung von Eisenoxidschwarz aufgrund unzureichenden Mischens identifiziert wurden.

Die Oberfläche der Erstproben wurde mit einem handelsüblichen Winkelschleifer und einer extra beanspruchbaren diamantbestückten, für Betonoberflächen geeigneten Schleifscheibe grob angeschliffen, um die Anreicherung des Bindemittels auf der Oberfläche der Putzproben zu entfernen und die Zuschlagskörner sichtbar zu machen. Der Feinschliff bzw. die Politur in Anlehnung an die Technologie des Bestandputzes wurde hierbei vernachlässigt, da eine erste optische Beurteilung der verschiedenen Proben vor allem im Bezug auf die Korngrößenverteilung durch den groben Anschliff bereits gegeben war.



Abb. 529: Mischen der versch. Korngrößen



Abb. 530: geschliffene Erstproben

- **Bewertung der Erstproben**

Bei der Verarbeitung zeigte sich, dass sich insbesondere fehlende Feinkornanteile in höherem Maße negativ auswirken. Zum Teil kommt es bei geringer Erhöhung der Zugabe von Wasser schlagartig zum Verflüssigen der Masse, zum anderen lassen sich die Putze schwerer glatreiben. Hierzu gehören die Erstprobenmischungen PMU03DO, 04DO, 07DO und 08DO mit den Korngrößenverteilungen I Typ C und I Typ D. Die Korngrößenverteilung I Typ A und I Typ B weisen mehr Feinkornanteil auf und ließen sich in ihrer sämigen Konsistenz besser verarbeiten. Somit ließen sich die Erstprobenmischungen PMU01DO, 2DO, 05DO und 06DO am besten verarbeiten.⁵⁷²

Optisch wurde die Korngrößenverteilung I Typ D favorisiert. Hierbei handelt es sich um einen relativ hohen Grobkornanteil, der eher zu den schlecht verarbeitbaren Steinputzen nach der ersten Probereihe zählte.

Bei den Proben zeigte sich ferner, dass der Steinputz der höhere Bindemittelanteil von 1:5 keinen positiven Einfluss auf das Erscheinungsbild hatte. Somit wurde für die Zweitproben das Bindemittel/Zuschlag-Verhältnis von 1:4 verwendet und das Mischungsverhältnis 1:5 vernachlässigt.

Der sehr dunkle Farbton des Bestandputzes ließ sich allein über die Pigmentzugabe schwer nachstellen, weshalb der maximale Pigmentanteil von 5 Ma.-%⁵⁷³ favorisiert und für die Zweitproben und die anschließende Herstellung der Probemischungen (zylindrische Probekörper) übernommen wurde.

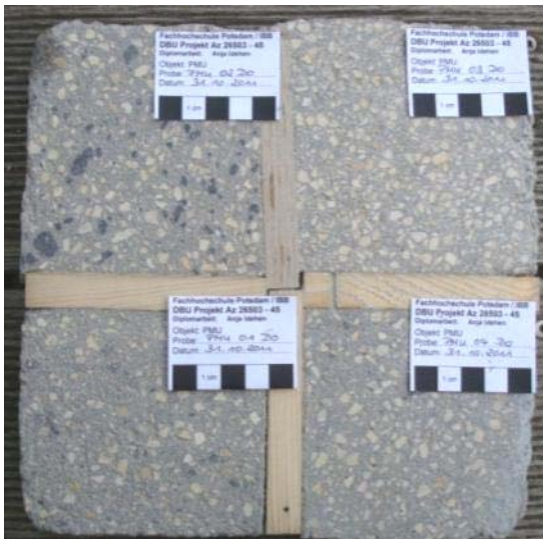


Abb. 531: Probenreihe BMZ 1:4, Erstprobenmischungen PMU 01DO bis PMU04DO im Uhrzeigers., beginnend u.l.



Abb. 532: Probenreihe BMZ 1:5, Erstprobenmischungen PMU05DO bis PMU08DO im Uhrzeigersinn, beginnend u.l.



Abb. 533: Erstproben PMU 04 DO – favorisierte Korngrößenverteilung Typ D.

⁵⁷² Es muss hierbei beachtet werden, dass es sich bei den Erstproben um Putze auf mobilen Trägern handelt, die nicht am senkrechten Mauerwerk aufgebracht wurden, so dass diese Beurteilung nur wenig praxisnahe erscheint.

⁵⁷³ Bezogen auf das Gewicht des Bindemittels

6.10.2.4 Zweitproben im Feldversuch am Casinogebäude der FH-Potsdam

In der Reihe der Zweitproben wurde die Verarbeitbarkeit der Steinputze praxisnahe am (aufgehenden) Mauerwerk erprobt. Bei ca. 9°C Außentemperatur wurden Anfang November 2011 mit den Zweitproben der eigens gemischten Steinputze die bereits im Jahr zuvor erstellten Musterflächen an der Rückseite des Casinogebäudes der Fachhochschule Potsdam erweitert.⁵⁷⁴

Es galt zu ermitteln, ob sich die Putze mit Zuschlagkörnern von bis zu 5mm Durchmesser überhaupt an die Wand applizieren lassen ohne abzufallen. Andere ungewollte Phänomene galt es auch auszuschließen, so zum Beispiel sollten beim Auftragen und Verreiben keine großen Riefen durch den hohen Grobkornanteil im Putz entstehen.

- Durchführung

Die Korngrößenverteilung I Typ B der Erstproben überzeugte durch seine gute Verarbeitbarkeit. Um einen größeren Grobkornanteil in der Probemischung zu erhalten und die sämige Konsistenz beizubehalten, wurde der Anteil des Dolomitgrießes verdoppelt und als Korngrößenverteilung II Typ B der Zweitproben bezeichnet. Die Korngrößenverteilung I Typ D wurde in die Reihe der Zweitproben übernommen und als II Typ A bezeichnet.

Resultierend auf den Ergebnissen der Erstproben wurden folgende Zuschlagsmischungen verwendet:



Abb. 534: Dolomitsplitt aus Ostrau (links) und Dolomitsplitt aus Barbingen (rechts).



Abb. 535: Trockenes Vormengen der Mörtelmischung aus Splitt, Bindemittel und Pigment.



Abb. 536: Steinputzprobemischungen auf mobilen Putzträgern (Ziegeln). Zusammensetzung analog der an die Wand aufgetragenen Mörtel.

Korngrößenverteilung (T=Teil(e))	
II Typ A (= I Typ D)	II Typ B
1,5 T Dolomitsplitt	1 T Dolomitsplitt
1 T Dolomitgrieß	2 T Dolomitgrieß
0,5 T Kalkbrechsand	1 T Quarzsand
1 T Quarzsand	

Tabelle 38: Korngrößenverteilung/Korntypen der Zweitproben.

⁵⁷⁴ Vgl. Kapitel 3 Feldversuche mit Werk trockenmörteln und Baustellenmischungen.

Der goldockerfarbene Dolomitsplitt aus dem sächsischen Ostrau und der graue Dolomitsplitt aus dem bayrischen Barbingen wurden in der zweiten Probereihe vergleichend verwendet. Es wurden jeweils zwei Mischungen einmal mit der Korngrößenverteilung II Typ A und einmal mit II Typ B hergestellt. Das Bindemittel/Zuschlag-Verhältnis für alle vier Probemischungen wurde auf 1:4 und einen Pigmentanteil von 5 Ma-% festgelegt.



Abb. 537: Applikation des Steinputzes PMUDR01 WAND auf der aufgerauten Oberfläche des Zement-Unterputzes



Abb. 538: Steinputzprobemischungen PMU DR 01 WAND, PMU DO 02 WAND, PMU DR 03 WAND und PMU DO 04 WAND, nach einem Tag, entgegen Uhrzeigersinn, beginnend oben rechts.



Abb. 539: Steinputzprobemischungen wie auf Abb. vor; nach Abschleifen der Oberfläche.



Abb. 540: Zweitproben auf mobilen Putzträgern: hellere linke Seite mittels Winkelschleifer grob geschliffen, dunklere rechte Seite mittels Schleifstein poliert. Links: DO 02 WAND und DO 04 WAND mit sächsischen Dolomitsplitt; rechts: DR 01 WAND und DR 03 WAND Steinputze mit bayrischen Dolomitsplitt.

Mittels Winkelschleifer und diamantbestückter Schleifscheibe wurden die Zweitproben grob geschliffen, um die Zementhaut zu entfernen, so dass die „aufgeschnittenen“ Zuschläge ein homogenes Bild bilden. Anschließend wurde eine Hälfte der Steinputze auf den mobilen Putzträgern mit einem feinen Schleifstein poliert (Abb. 540, hier jeweils die rechte Hälfte der Platten).

Die beiden Proben links wurden mit Dolomitsplitt aus Ostrau (eher ockerfarben) hergestellt und erscheinen insgesamt heller. Die rechten Probepplatten wurden mit Dolomitsplitt aus Barbingen (eher grau) angemischt

und erscheinen sowohl auf der grob als auch auf der fein geschliffenen bzw. polierten Oberfläche im Ganzen dunkler.⁵⁷⁵

Vermutlich durch seine rundere Körnung ließ sich der bayrische Dolomitsplitt besser auftragen. Favorit war dabei die Probemischung PMU DR03 WAND; danach folgte die ebenfalls mit bayrischem Dolomitsplitt hergestellte Probemischung PMU DR01 WAND. Aus den mit dem Ostrauer Dolomitsplitt hergestellten Putzmischungen ging als Favorit die Probemischung PMU DO02 WAND hervor.

- **Ergebnis der ersten und zweiten Probenreihe**

Für die Herstellung der weiteren Probemischungen (in Form von zylindrischen Prüfkörpern) wurde der graue Dolomitsplitt aus Barbingen unter Zugabe von feineren Korngrößen aus dem Ostrauer Dolomitgestein verwendet. Als Zugabemenge für das Pigment wurde 5 Ma-% gewählt.

6.10.2.5 Modifizierung der Steinputzergänzungsmörtel⁵⁷⁶

Die Erfahrungen der ersten Probereihen sollten in einer weiteren Untersuchungsreihe umgesetzt werden. Hierfür wurden verschiedene Steinputzmörtelmischungen hergestellt, die untereinander durch kontrollierte Variation einzelner Parameter vergleichbar gemacht werden sollten. Hierbei lag der Schwerpunkt auf der Ermittlung einer Rezeptur für einen Mörtel, der theoretisch als Reparaturmörtel an der Nordfassade des Pergamonmuseums geeignet wäre.

- **Steinputzmischungen für die Herstellung von Probekörpern**

Es wurden Mörtelmischungen mit den Bindemittel/Zuschlag-Verhältnissen von 1:2,5; 1:3; 1:3,5 und 1:4 mit jeweils drei verschiedenen Korngrößenverteilungen (s. Tabelle 39: Korngrößenverteilung/Korntypen der Probemischungen für zylindrische Probekörper. hergestellt.

Korngrößenverteilung (T=Teil(e))		
Korntyp A (= I Typ B)	Korntyp B (= I Typ D = II Typ A)	Korntyp C (= II Typ B)
1 T Dolomitsplitt	1,5 T Dolomitsplitt	1 T Dolomitsplitt
1 T Dolomitgrieß	1 T Dolomitgrieß	2 T Dolomitgrieß
1 T Quarzsand	0,5 T Kalkbrechsand 1 T Quarzsand	1 T Quarzsand

Tabelle 39: Korngrößenverteilung/Korntypen der Probemischungen für zylindrische Probekörper.

Von den drei verschiedenen Körnungsmischungen wurden Sieblinien gem. DIN 4226-03 erstellt. Die größten Abweichungen liegen im Bereich von 500µm. Im Korngrößenbereich 4 bis 3mm und 125µm bis <63µm weisen alle Kornmischungen ähnliche Werte auf.

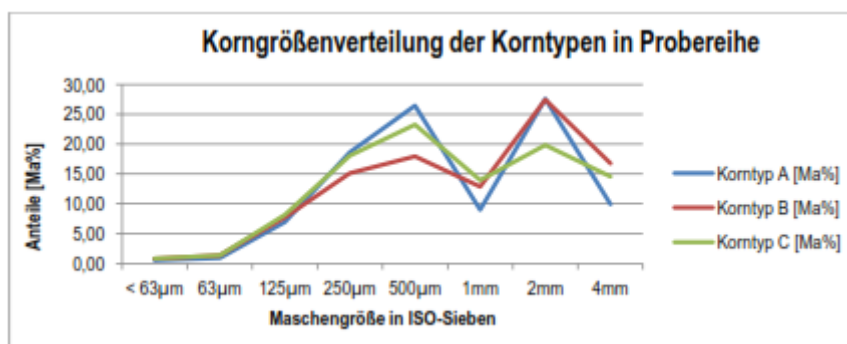


Abb. 541: Korngrößenverteilung der Korntypmischungen A, B und C dargestellt als Sieblinien

⁵⁷⁵ Die polierten Flächen erscheinen dunkler, da auf glatten Flächen mehr Licht absorbiert und somit weniger reflektiert wird, während grob geschliffene Oberflächen das Licht eher diffus reflektieren und somit mehr Licht zurückgeworfen wird, wodurch die Oberfläche heller erscheint.

⁵⁷⁶ Es wurden ausschließlich die Oberputze betrachtet und ausgeführt.

Probemischungen wurden sowohl mit Portlandzement (CEM I 42,5R) als auch mit Hochofenzement (CEM II/A 42,5 N-LH/NA) hergestellt, und zwar je 12 Probemischungen mit allen B/Z-Verhältnissen und den jeweils drei Kornarten. Allen 24 Mischungen wurden 5 Ma-% (des Bindemittelgehalts) Pigment zugegeben.

Probenr.	BMZ	BM	Zuschlag	Pigmentzugabe	Verarbeitbarkeit
PMU 01 DR Wand	1:4	1 Teil, CEM I 42,5, Doppel	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm)	5% Ma. Eisenoxid- schwarz	befriedigend
PMU 02 DO Wand	1:4	1 Teil, CEM I 42,5, Doppel	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm)	5% Ma. Eisenoxid- schwarz	Befriedigend bis gut
PMU 03 DR Wand	1:4	1 Teil, CEM I 42,5, Doppel	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm)	4% Ma. Eisenoxid- schwarz	Sehr gut
PMU 04 DO Wand	1:4	1 Teil, CEM I 42,5, Doppel	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm)	4% Ma. Eisenoxid- schwarz	Gut bis sehr gut

Tabelle 40: Rezepturen der Zweitproben der ersten Probenreihe (Steinputz PMU, 2011)

- Probekörper

Die Probemischungen wurden in ca. 12 cm lange Rohrabchnitte mit einem Innendurchmesser von 5 cm gefüllt. Um Hohlräume zu minimieren, wurden die gefüllten Rohre leicht angehoben und auf den Untergrund gestampft. Außerdem wurden die Mörtelmassen innerhalb der Rohre mit einem Spachtel durch stochernde/stampfende Bewegungen von Hohlräumen weitestgehend befreit. Es wurde so versucht, die Dichte des bauzeitlichen Steinputzes, die u.a. beim Putzanwerfen entstand, nachzuahmen.

Die Probemischungen wurden zunächst in der Werkstatt unter Raumklimabedingungen (ca.20°C, 30%r.F.) gelagert, dabei nachgenässt und mit Folien abgedeckt, um zu schnelles Trocknen zu verhindern. Drei Wochen verblieben die Probemischungen in den Rohren, um ausreichend auszuhärten. Die gefüllten Rohre wurden dann in 5mm hohe zylindrische Probekörper gesägt (siehe Abb. 544), so dass ca. 200 Prpüfkörper entstanden. Für die Messung des dynamischen E-Moduls wurden anschließend einzelne zylindrische Probekörper in ca. 4cm x 2 cm x 0,5 cm (LxBxH) kleine Quader geschnitten.

Für den einfachen Vergleich der Probemischungen mit dem Bestandsputz wurden Bohrkern aus Steinputzfragmenten des Pergamonmuseums gezogen. Diese wurden dann im Bereich des intakten Oberputzes analog der Probemischungen in 5mm hohe zylindrische Probekörper geschnitten.



Abb. 542: Rohr für die Herstellung der Probekörper, Ø 5 cm



Abb. 543: Rohrabchnitte, gefüllt mit Steinputz-Probemischungen



Abb. 544: Zerteilen der Prüfkörper in einzelne Abschnitte



Abb. 545: Kontrolle der Höhe der Probekörper. Höhe = 0,5cm.



Abb. 546: Probekörper nach dem Entfernen der Kunststoffringe (Reste des Rohrs).



Abb. 547: Bohrkern des bauzeitlichen Steinputzes.

Rezepturen der Probekörper

Steinputz Mischung Probekörper	BMZ	Korngrößen- verteilung	Pigmentanteil	Bindemittel
PMU PrMi 01	1:2,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 02	1:2,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 03	1:2,5	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 04	1:2,5	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 05	1:2,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 06	1:2,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 07	1:3	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 08	1:3	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 09	1:3	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 10	1:3	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 11	1:3	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 12	1:3	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 13	1:3,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 14	1:3,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 15	1:3,5	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R

Tabelle 41: Rezepturen der 24 Steinputzergänzungsmörtelmischungen (PMU PrMi 01 bis 15) für die zylindrischen Prüfkörper

Steinputz Mischung Probekörper	BMZ	Korngrößenverteilung	Pigmentanteil	Bindemittel
PMU PrMi 16	1:3,5	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 17	1:3,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 18	1:3,5	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 19	1:4	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 20	1:4	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP A	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 21	1:4	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 22	1:4	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 23	1:4	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM I 42,5 N/R
PMU PrMi 24	1:4	1 Teil Dolomitsplitt(2-5mm) 2 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 1 Teil Quarzsand(<1mm) KORNTYP C	5Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 25	1:4	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	10Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA
PMU PrMi 26	1:4	1,5 Teile Dolomitsplitt (2-5mm) 1 Teil Dolomitgrieß(0,1-4mm) 0,5 Teil Kalkbrechsand (0,1-2mm) 1 Teil Quarzsand (<1mm) KORNTYP B	15Ma.-% des Bindemittelgehaltes	CEM III 42,5 R HS/NA

Tabelle 42: Rezepturen der 24 Steinputzergänzungsmörtelmischungen (PMU PrMi 16 bis 24) für die zylindrischen Prüfkörper



Abb. 548: je 1 zylindrischer Prüfkörper aus 24 Steinputzergänzungsmörtelmischungen

- **Physiko-mechanische Untersuchungen**

Die Probekörper wurden ab 28 Tagen nach der Herstellung auf ihre physikalisch-mechanischen Eigenschaften geprüft. Dabei wurden diese mit den Materialeigenschaften des originalen Steinputzes am Pergamonmuseum verglichen, um dann aus den 24 Probemischungen die dem Steinputz des Pergamonmuseums ähnlichste zu ermitteln. Parameter wie Wasseraufnahme, gewichts- und volumenbezogener Wasseraufnahmegrad und Biegezugfestigkeiten wurden an jeweils drei Probekörpern pro Probemischung gemessen. Die Ergebnisse wurden anschließend als arithmetisches Mittel ausgewertet. Der dynamische E-Modul wurde an vereinzelt angepassten Probekörpern ermittelt, wobei je untersuchter Probemischung nur ein Probekörper verwendet wurde. Zuvor wurden die Probekörper für drei Wochen bei 23°C und 50% relativer Luftfeuchte im Klimaschrank im sogenannten Normalklima gelagert. Die

Auswertung der Messergebnisse erfolgte nach den Anforderungsempfehlungen des WTA-Merkblatts „Kunststeinrestaurierung“⁵⁷⁷. Die Anforderung für den dynamischen E-Modul wurde nach Snethlage⁵⁷⁸ betrachtet.

Messergebnisse

Wasseraufnahmeverhalten / Porosität

Die Messungen der Wasseraufnahme ergaben, dass der bauzeitliche Steinputz wesentlich weniger Wasser aufgenommen hatte als alle 24 Probemischungen. Die Materialprüfungsanstalt Bremen ermittelte für den Bestandputz eine offene Porosität von 9 Vol.-% und 8,4 Vol.-% anhand von zwei Proben (Mittelwert 8,7 Vol.-%). Die dem Bestandputz am ehesten entsprechende Probemischung ist PMU PrMi 09 mit einem volumenbezogenen Wasseraufnahmegrad von 17,5 Vol.-% (Differenz= 8,8 Vol.-%). Die Probemischung PrMi 24 erwies sich als die Mischung mit dem größten Gehalt von 25,13 Vol.-% offener Poren, wobei die Differenz zum Original 16,43 Vol.-% beträgt.

Nach dem WTA-Merkblatt „Kunststeinrestaurierung“ wird die Anpassung der Porosität von Ergänzungsmassen an das Original in einer Spanne 80-120% empfohlen, d.h. dass die Ergänzungsmörtel 6,37 Vol.-% und 9,55 Vol.-% offene Poren enthalten sollten.

Im weiteren Verlauf der Untersuchung wurden nur die Probemischungen mit dem B/Z-Verhältnis von 1:2,5 berücksichtigt, da diese zusammenfassend die besten Ergebnisse lieferten.

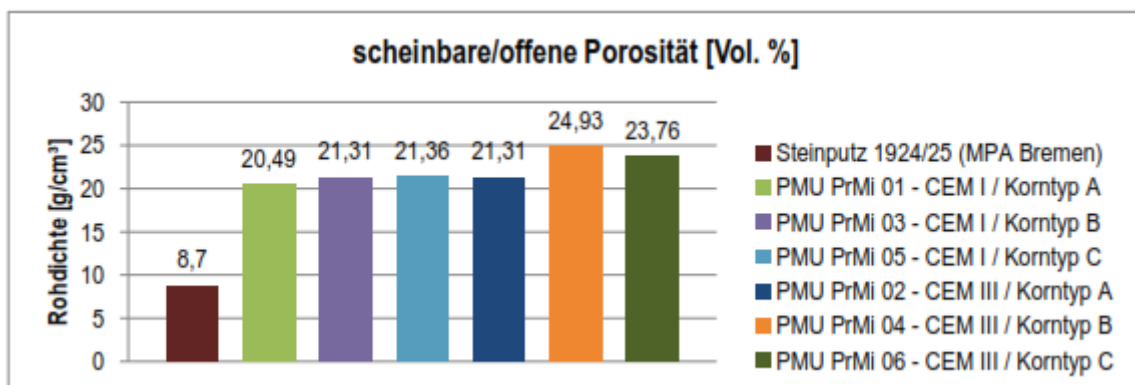


Abb. 549: Ermittelte Werte der offenen Porosität des Bestandputzes und der Probemischungen mit dem BMZ-Verhältnis von 1:2,5

Biaxiale Biegezugfestigkeit

Laut Empfehlung des WTA-Merkblatts „Kunststeinrestaurierung“ ist die Biegezugfestigkeit eines Ergänzungsmaterials mit Werten zwischen 60-100% (Sollbereich) an den originalen Bestand anzupassen. Die biaxiale Biegezugfestigkeit des Bestandputzes lag bei 7,29 N/mm² und wurde als 100% festgelegt. Die unterste Grenze zur Anpassung der Biegezugfestigkeit eines Ergänzungsmaterials liegt bei 60%, was hier 4,37 N/mm² entspricht. Einige Probemischungen befinden sich im Sollbereich zwischen 4,37 N/mm² und 7,29 N/mm². Der transparente waagerechte Balken im Diagramm (Abb. 550) stellt den empfohlenen Sollbereich dar. Geeignete Probemischungen im Bezug auf die Biegezugfestigkeit sind demzufolge PMU PrMi 01, 02, 04, 06, 07, 08, 09, 11, 13 und 15.

⁵⁷⁷ Vgl. WTA Merkblatt, „Kunststeinrestaurierung“, 2009, S. 9. Die Anforderungen an Materialeigenschaften von Ergänzungsmassen nach SNETHLAGE, Leitfaden Steinkonservierung wurden hier sekundär betrachtet, da es sich bei zementgebundenen Massen zwar ähnlich den Natursteinen um mineralisch poröse Gefüge handelt, jedoch Natursteine oftmals nicht so dicht und so hart wie Beton oder andere zementgebundene Massen sind.

⁵⁷⁸ Vgl. SNETHLAGE (1997), S. 98.

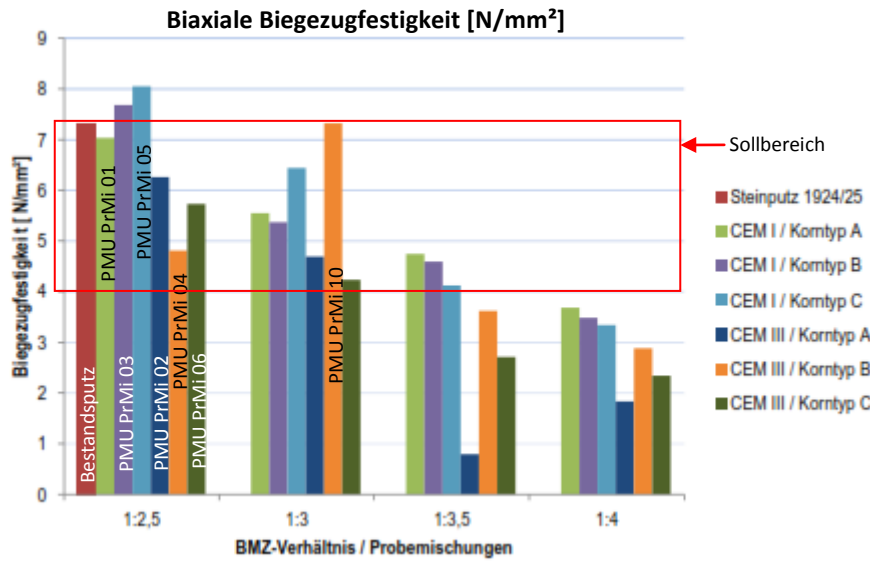


Abb. 550: biaxiale Biegezugfestigkeit, Steinputz 1924/25 im Vergleich mit Probemischungen PMU PrMi 01 – PMU PrMi 24.

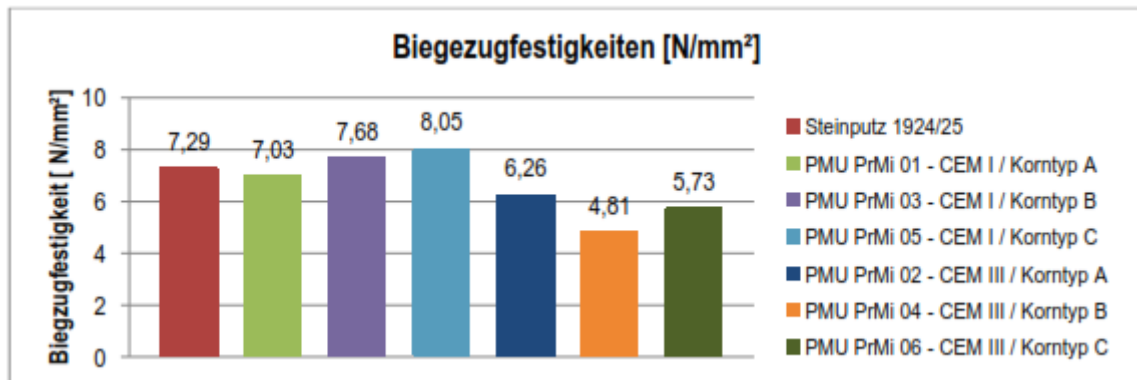


Abb. 551: Ermittelte Biegezugfestigkeit, von Bestandsputz und Probemischungen mit dem B/Z-Verhältnis 1:2,5

Dynamischer E-Modul

Nach SNETHLAGE ist das dynamische E-Modul der Ergänzungsmörtel in einem Bereich von (20%) bis 80% im Bezug auf das Original anzupassen. Dies entspricht Biegezugfestigkeiten von 7,8kN/mm² bis 31,18kN/mm², die die Ergänzungsmörtel aufweisen sollten.

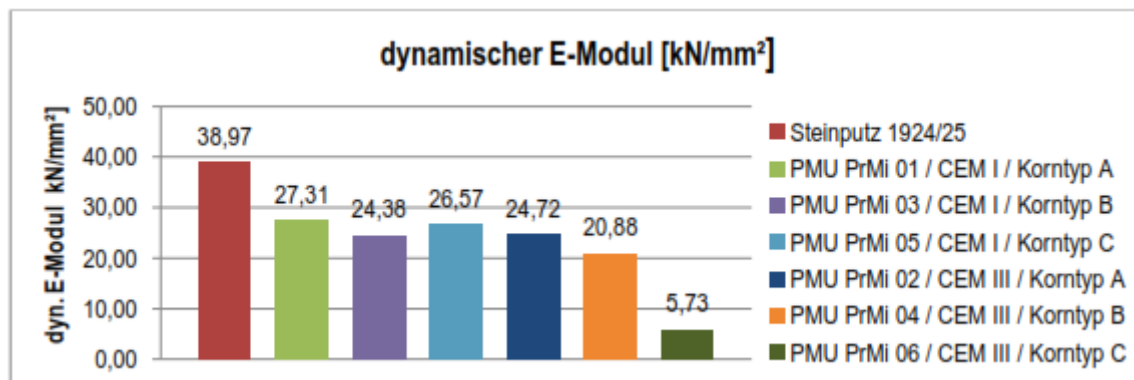


Abb. 552: Ermittelter dynamischer E-Modul von Bestandsputz und Probemischungen mit dem B/Z-Verhältnis 1:2,5

Auswertung der Messergebnisse

Biegezugfestigkeit: Ein direkter Bezug der variierenden Probenzusammensetzung (B/Z-Verhältnis, Korntypen, Zementarten) und der Messergebnisse wurde besonders deutlich bei der Biegezugfestigkeit festgestellt. Zu erkennen war, dass mit zunehmendem Zuschlaganteil (Bindemittel/Zuschlag-Verhältnis) die Biegezugfestigkeit abnimmt.

Außerdem sind bei den Probemischungen mit Portlandzement in der Regel höhere Biegezugfestigkeiten (nach 28 Tagen) gemessen worden als bei den Probemischungen mit Hochofenzement.

Eine Tendenz zwischen den Korntypen ist im Zusammenhang auf die Biegezugfestigkeit ebenfalls zu beobachten. So wurden geringer werdende Messwerte von Korntyp A, zu Korntyp B und schließlich zu Korntyp C gemessen.

Wasseraufnahmeeigenschaften / Porosität: Ein ausgeglichener Feuchtehaushalt zwischen Bestands- und Ergänzungsputz wird durch eine gut abgestimmte Wasseraufnahme begünstigt. Die Messungen der Wasseraufnahmeeigenschaften (Wasseraufnahme, gewichts- und volumenbezogener Wasseraufnahmegrad) ergaben, dass die Probemischungen zu stark vom Bestandsputz abweichen.

In der Untersuchungsreihe wurden der historische Steinputz mit einem Alter von ca. 95 Jahren und die frischen Steinputzprobemischungen verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Probemischungen hinsichtlich der Porosität optimiert werden müssten, da der Bestandsputz wesentlich weniger offene Poren besitzt als sämtliche Putze aus den Nachstellungsmörteln. Die Porosität kann beispielsweise mit der Zugabe von Gesteinsmehlen oder weiteren Pigmenten als porenfüllende Zusätze optimiert werden. Die Messergebnisse weisen eine Richtung auf, wie man den Ergänzungsmörtel in weiteren Probereihen an den originalen Steinputz zielgerichtet anpassen könnte. Dabei ist zu beachten, dass die Porosität und die Festigkeit eines zementgebundenen Gefüges u.a. vom Erhärtungsgrad des Zements abhängig sind. Beim Erhärten von Zement - ein jahrelang andauernder Prozess - nehmen die Porosität ab und die Festigkeit zu. Um aussagekräftigere Werte zu erhalten, wäre es denkbar, die Messung physiko-mechanischer Werte frühestens 90 Tage nach der Herstellung durchzuführen.

In Bezug auf den Feuchtehaushalt sind die 24 Probemischungen demzufolge als Ergänzungsmörtel nicht geeignet.⁵⁷⁹

Biegezugfestigkeit und dynamischer E-Modul: Mögliche Spannungen an den Grenzflächen des Bestands- und Ergänzungsputzes werden durch thermische und hygrische Verformungen verursacht. Um diese Spannungen möglichst gering zu halten und somit unerwünschte Flankenabrisse zwischen Original und Ergänzung zu vermeiden, sind die Ergänzungsmörtel in ihren mechanischen Eigenschaften an den Bestand anzupassen. Hierzu wurden die Biegezugfestigkeit und der dynamische E-Modul gemessen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zahlreiche Probemischungen im Sollbereich liegen und hinsichtlich der Biegezugfestigkeit und des E-Moduls als Ergänzungsmörtel geeignet sind.

Eigenschaft	Anforderung nach WTA-Merkblatt	Probemischungen PMU PrMi... im Sollbereich der Anforderungen
scheinbare/offene Porosität [PS oder PO]	80-120%	keine
biaxiale Biegezugfestigkeit [B BZ]	60-100%	01, 02, 04, 06, 07,08, 09, 11, 13, 15
dynamischer Elastizitätsmodul (E-Modul) E_{dyn}	80-100% bzw. (20%) bis 80% n. Snethlage	01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 16, 17 (nur nach Snethlage)

Tabelle 43: Auswertung der Probemischungen hinsichtlich der Anforderungen im WTA-Merkblatt „Kunststeinrestaurierung“

⁵⁷⁹ Vgl. SNETHLAGE (1997), S. 92.

- **Visueller Vergleich der Probekörper mit dem Bestandsputz**

Die Putzoptik ist nicht nur abhängig von der Farbigkeit des Bindemittels und der Zuschläge, sondern auch vom jeweiligen Mischungsverhältnis. So erscheint beispielsweise ein Steinputz umso dunkler, je höher der Bindemittelanteil – und damit auch die erlaubte Pigmentmenge – ist. Eine weitere Einflussgröße sind die Korngrößenverteilung und die Kornoberfläche des Zuschlags. Letztlich können sich auch durch unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheiten optische Unterschiede ergeben. Hierbei sind die steinmetzmäßige Bearbeitung und der Verwitterungsgrad der Bestandsoberfläche zu betrachten.

Die Probemischungen wurden hinsichtlich ihrer optischen Erscheinung in erster Linie mit Proben des bauzeitlichen Steinputzes des Pergamonmuseums verglichen. Hierzu wurden Bohrkern aus den Putzfragmenten des Bestandsputzes gezogen und mittig in der Schicht des Oberputzes zerschnitten. Die Bohrkern (Abbildungen rechts) sowie die Putzfragmente (Abbildungen links), aus denen die Bohrkern entnommen wurden, wurden mit den sechs ersten Probemischungen visuell verglichen.



Abb. 553: Optischer Vergleich der Steinputzmörtelprobe PrMi 01 (zylindrischer Probekörper) mit Fragment des Bestandsputzes (bewitterte Oberfläche).



Abb. 554: Optischer Vergleich des Bestandsputzes (links - Bohrkern mit frischer Oberfläche mittels Schnitt durch den Oberputz) mit dem Steinputzmörtelprobe PrMi 01 (rechts).



Abb. 555: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 02 mit Fragment Bestandsputz (bewitterte Oberfläche).



Abb. 556: Bestandsputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 02 (rechts)



Abb. 557: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 03 mit Fragment Bestandsputz (bewitterte Oberfläche).



Abb. 558: Bestandsputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 03 (rechts)



Abb. 559: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 04 mit Fragment Bestandputz (bewitterte Oberfläche).



Abb. 560: Bestandputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 04 (rechts)



Abb. 561: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 05 mit Fragment Bestandputz (bewitterte Oberfläche).



Abb. 562: Bestandputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 05 (rechts)



Abb. 563: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 06 mit Fragment Bestandputz (bewitterte Oberfläche).



Abb. 564: Bestandputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 06 (rechts)

6.10.3 Auswertung der Nachstellung der Steinputze für das Pergamonmuseum

Hinsichtlich der Optik wird die Probemischung PMU PrMi 03 favorisiert, gefolgt von Probemischung PMU PrMi 01 und Probemischung PMU PrMi 04. Auch PMU PrMi 03 ist jedoch wegen der noch vorhandenen Differenzen in der Farbigkeit des Bindemittels, den Zuschlägen und den Kornoberflächen noch zu optimieren. Während Kornform und Korngrößen im groben und feinen Bereich gut angepasst sind, ist im Vergleich der angeschliffenen Oberflächen (Abb. 566) das Fehlen von Körnern im mittleren Bereich deutlich erkennbar. Insgesamt wirken auch die ockerfarbenen Körner störend. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass auch die an der Oberfläche liegende Körnung des Bestandputzes durch Oxidationsprozesse ins Ockerfarbene umschlagen (zu erkennen an der bewitterten Oberfläche Abb. 565). Insgesamt sind die Probemischungen rein optisch dem Original gut bis befriedigend angepasst. Die schlechteste Bewertung erhielt dabei die Probemischung PRMi06.



Abb. 565: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 03 mit Fragment Bestandsputz (bewitterte Oberfläche).

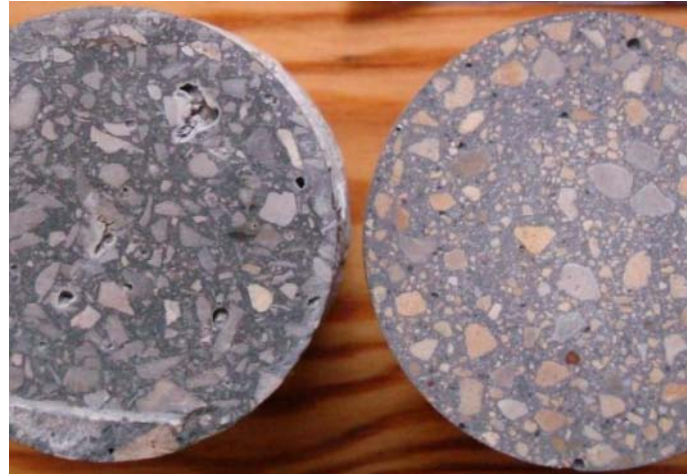


Abb. 566: Bestandsputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 03 (Portlandzement) (rechts)

Die empfohlenen Biegezugfestigkeiten im Bereich von 60-100% des Bestands wurden von der Probemischung PMU PRMi05 und auch von der optisch favorisierten PRMi03 überschritten. Hinsichtlich der Biegezugfestigkeit schien die Probemischung PRMi04 am geeignetsten. Auch bei der Bewertung des dynamischen E-Moduls schneidet die Probemischung PRMi04 am besten ab, während die Probemischung PRMi06 wieder herausfällt, da diese unterhalb des Sollbereichs liegt.

Da durch die Verwendung von Portlandzement ein unerwünschter Salzeintrag in den Bestand möglich ist, wurden beide verwendeten Zemente (CEM I und CEM III) dahingehend geprüft.⁵⁸⁰ Als geeignet erscheinen in dieser Hinsicht deshalb die Probemischungen mit Hochofenzement, nämlich Probemischung PRMi02, 04 und 06, wobei Nr. 06 hier aufgrund der Bewertung nach den vorangegangenen Kriterien ausgeschlossen wird. Zusammenfassend wird die Probemischung PRMi04 favorisiert, gefolgt von Probemischung PRMi03.



Abb. 567: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 04 mit Fragment Bestandsputz (bewitterte Oberfläche).



Abb. 568: Bestandsputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 04 (Hochofenzement und deshalb Bindemittelanteil etwas heller, rechts)

⁵⁸⁰ Die sekundäre Messung der elektrischen Leitfähigkeit ergab, dass die Wasserauszüge der beiden Zementarten unterschiedliche Anteile löslicher Salze aufwiesen. Nach 98 Tagen wies der ungefilterte Wasserauszug der Portlandzementprobe noch immer 96% mehr lösliche Salze auf als der Wasserauszug des Hochofenzements. Für den Vergleich der beiden verwendeten Zemente CEM I und CEM III wurden zwei bis auf die Art des Zements in ihrer Zusammensetzung gleiche Probekörper (PrMi11 und PrMi12) ausgewählt. Es wurden Wasserauszüge in Anlehnung an DIN 38414-04:1984-10 hergestellt. Teile dieser Probekörper wurden 28 Tage nach der Herstellung zerkleinert und die definierte Probemenge von 3g mit 250ml destilliertem Wasser versetzt. Durch Lösung der wasserlöslichen Salze aus dem zerkleinerten Steinputzprobenmaterial entstehen ungefilterte Wasserauszüge, welche auf ihre elektrische Leitfähigkeit mittels eines Leitfähigkeitmessgeräts gemessen wurden, um den quantitativen Salzgehalt der beiden Zemente direkt zu vergleichen. Die Messungen fanden nach 28 Tagen, nach 63 Tagen und nach 98 Tagen statt. Die Wasserauszüge wurden im Kühlschrank aufbewahrt.

- Fehlerquellen

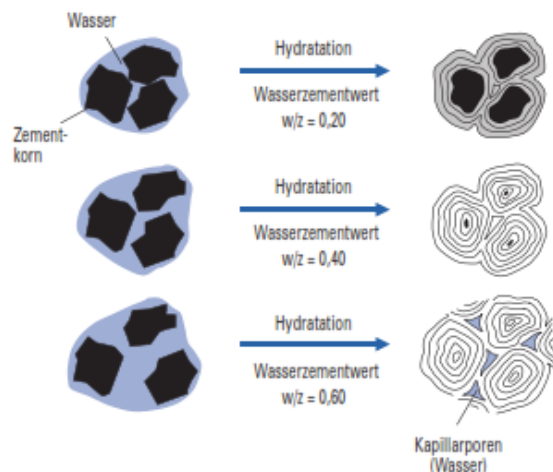
Neben allgemeinen Rechenfehlern oder Messungenauigkeiten können weitere Parameter Einfluss auf die Messergebnisse haben. Dies ist u.a. der Wasserzementwert (w/z).

Wasserzementwert (w/z)⁵⁸¹

Nach dem Vorbild der Werk trockenmörtel wurden bei den Nachstellungsversuchen alle Probemischungen zunächst trocken vermengt und dann mit Wasser angemacht. Der Wasserzementwert gibt das Gewichtsverhältnis von Wasser zu Zement bei der Herstellung der Mörtelmischung an. Dieser wurde in den Probenreihen jedoch nicht gemessen. Es wurde also kein Zementleim hergestellt, welcher so eingestellt wurde, dass mit der errechneten Bindemittelmenge, gelöst in Wasser, die benötigte plastische Mörtelkonsistenz erreicht wurde, sondern den trockenen Probemischungen wurde mit soviel Wasser zugegeben bis die gewünschte plastische Konsistenz erreicht war, da das Messen/ Wiegen des Anmachwassers auf der Baustelle zu umständlich und wenig praxisnahe erschien.

Durch schwankende w/z -Werte oder der Zementfeinheit verursachte Veränderungen der physiko-mechanischen Eigenschaften können deshalb nicht identifiziert werden.

Der w/z -Wert ist jedoch maßgebend für den Gefügebau und somit auch für die Eigenschaften des Produkts (Abb. 560).



Je höher der w/z -Wert, desto dicker ist die Wasserschicht um die Zementkörner.

Die Hydratationsprodukte dringen unter Volumenvergrößerung in die zuvor mit Wasser gefüllten Zwischenräume vor. Trocknet der Zementstein vorzeitig aus, kann die Hydratation nicht vollständig abgeschlossen werden. Hier dargestellt ist 0,4 als idealer w/z -Wert.

Abb. 569: Schematische Darstellung der Erhärtung von Zementen bei verschiedenen w/z -Werten⁵⁸²

Ein erdfuchter Mörtel z.B. für Stampfbeton weist etwa einen w/z -Wert von 0,2 auf, ab einem w/z -Wert von 0,3 bis 0,4 entsteht langsam ein zähflüssiger Zementleim, der zum Herstellen von sehr festen Betonen geeignet ist. Der w/z -Wert für die Herstellung Mörtel und Beton liegt etwa zwischen 0,4 und 0,7, höhere w/z -Werte dienen z.B. für Injektionen.⁵⁸³

Der Wasserbedarf zu Herstellung der gewünschten Mörtelkonsistenz hängt zudem von der Mahlfineinheit des Bindemittels (schwierig zu beeinflussen) und der Kornverteilung ab. Die grobkörnigen Mischungen benötigten in der Probenreihe deutlich weniger Wasser und neigten zum Verflüssigen.

6.10.3.1 Ergebnis

Mehr noch als bei Edelputzen hängt das Erscheinungsbild eines Steinputzes von der richtigen Wahl und Zusammenstellung der einzelnen Bestandteile ab, eine hohe Bereitschaft zu Probereihen voraussetzt. Ein gewisses Maß an Erfahrung hinsichtlich der Modifizierung von Mörtel Eigenschaften ist dabei von großem Vorteil.

⁵⁸¹ Vgl. www.vdz-online.de, Kompendium Zementbeton 1-4_Hydratation.pdf, letzter Aufruf April 2013.

⁵⁸² Ebd. S. 129.

⁵⁸³ Ebd. S. 128.

6.11 Auswertung

6.11.1 Oberflächenreinigung

Obgleich sich mithilfe der Partikelstrahlreinigung auf Edelputzen gewisse Reinigungserfolge einstellen, erscheint diese aufgrund der Inhomogenität des Systems „Edelputz“ nur sehr bedingt geeignet. Liegen dickere und noch stabile Putzschichten vor, wie z.B. bei noch intakten aber oberflächlich verschmutzten oder auch beschichteten Kratzputzen, so kann eine Partikelstrahlreinigung in Erwägung gezogen werden. Durch die Strahlreinigung wird das Material zwar leicht abgetragen, jedoch fällt dies bei der natürlicherweise „offenen“ Oberfläche der Kratzputze nicht in dem Maße auf, wie z.B. bei einem unregelmäßig oder aber sehr dünn aufgetragenen Spritzputz, welcher deutlich an Profil verlieren würde. Liegen zusätzlich noch Vergipsungen vor, ist eine abrasive Reinigung ohne größere Materialverluste nicht mehr möglich.

Für die im Regelfall stabileren, härteren und in größerer Stärke vorliegenden Steinputze ist die abrasive Reinigung durchaus eine Option. Die dabei ggf. verflachten Bearbeitungsspuren (z.B. Scharruren) könnte nachgearbeitet werden. Dies ist jedoch je nach Zustand des jeweiligen Objekts zu entscheiden.

Bei vorliegenden Vergipsungen sind zur Wiederherstellung einer einheitlichen Oberflächenfarbe Maßnahmen zur Gispumwandlung meist unumgänglich. Hierbei bewährten sich vor allem Hirschhornsalz-Gel sowie eine Ionenaustauscherpaste, wobei an der Fassade aus Kostengründen wohl eher das Hirschhornsalz-Gel zum Einsatz kommen würde. Dies kann relativ einfach großflächig aufgetragen und auch wieder entfernt werden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Reinigung ist jedoch auch ein gründliches Abwaschen von evtl. auf der Oberfläche verbleibenden Umwandlungsprodukten wie z.B. Ammoniumsulfat.

Bei nur oberflächlich aufliegender Verschmutz kann vor Einleiten der o.g. Maßnahmen geprüft werden, inwieweit sich der Zustand durch Dampfstrahlen, ggf. unter Zuhilfenahme eines alkalischen Reinigers, verbessern lässt.

6.11.2 Hinterfüllung

Hinterfüllung kommt vor allem bei Schalenbildung zur Anwendung. Dieses Schadbild tritt vor allem an den zementhaltigen, sehr starren und dichten Steinputzen auf, die in Folge dieser Eigenschaften häufig in großen Schalen vom Trägermauerwerk gelöst sind. Der Steinputz des Pergamonmuseums zeigt in einigen Bereichen dieses Schadbild. Hohe Eigenfestigkeiten und konstruktiv günstige Bedingungen an den Schalenrändern wie vorspringende Faschen oder Gesimse, die diese Schalen randlich einspannen, wie auch noch haftende Bereiche verhindern oft den Absturz dieser „Platten“. Hinterfüllungen wären aufgrund der großen Flächen in diesem Fall kostenintensiv und unwirtschaftlich. Eine kostensparende Möglichkeit zur Erhaltung der bauzeitlichen Substanz unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten könne dabei sein, die losen Platten im Sinne einer Präventivmaßnahme unter bewusstem Verzicht auf Hinterfüllung bzw. Injektage durch Vernadelung mit dem Untergrund zu sichern.

Hersteller von Befestigungsmitteln oder Vernadelungsfirmen verfügen über Software für die Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen im Betonbau und Ähnliches sowie über die notwendigen Erfahrungswerte. Abhängig von variablen Randbedingungen wie Schalendicke, -fläche und Rohdichte (> Masse) sowie der Spaltbreite (> die Nadel beanspruchendes Biegemoment) und dem Neigungswinkel könnten im Idealfall das Nadelraster und der Nadeldurchmesser bestimmt werden.

An Edelputzen im Unterschied zu Steinputzen tritt die Schalenbildung hauptsächlich bei Feuchte-Salzbelastungen auf, dort aber oft soweit entfestigt, dass eine Abnahme die einzige Möglichkeit darstellt. Aufgrund der geringen Festigkeit des Unterputzes liegen Hohlstellen also lediglich in kleinteiligen Partien vor, wobei meist gleichzeitig ein Substanzverlust eintritt. Eine Hinterfüllung und Ergänzung kann dann mit

den tradierten Methoden mithilfe einer Vielfalt von konfektionierten und auch baustellengemischten Materialien erfolgen.

6.11.3 Nachstellung

Laboranalysen helfen, die Inhaltsstoffe der Bestandputze zu identifizieren. Es bleiben jedoch immer nicht bestimmbare Anteile. So ist z.B. die Bestimmung der Korngrößenverteilung von calcitischen Zuschlagstoffen auf nasschemischem Weg nicht möglich, was die Auswahl der passenden Körnungen deutlich erschwert. Auch die nasschemische Analyse kann nur Hinweise zu den Inhaltsstoffen des Putzes bieten. Das errechnete B/Z-Verhältnis kann lediglich als Näherungswert betrachtet werden.

So können sich in der Säure neben Kalk und Gips auch immer eisenhaltige Pigmente und auch Ultramarin lösen, die dann rechnerisch dem Bindemittelanteil zugeschlagen werden. Zudem könnten beim Abbinden u.U. auch die Pigmentteilchen mit dem Calciumhydroxid und den CS-Phasen reagiert haben und so evtl. im Putz zusätzlich stabilisierend wirken. Ergänzend können bei (hier vorliegenden) hydraulischen Systemen amorphe Bestandteile des silikatischen Zuschlags und auch wiederum die Pigmentanteile das errechnete Ergebnis für den hydraulischen Anteil des Bindemittels beeinflussen.

Oft bleibt bei nasschemischen Untersuchungen auch unklar, ob der Gipsanteil als Halbhydrat hinzugegeben worden ist, als Abbindeverzögerer (nicht unüblich) oder ob der Gipsanteil ausschließlich durch Umwelteinflüsse entstand.

Spezielle Zusätze wie z.B. Hydrophobierungsmittel werden mit einer normalen Putzanalyse ebenfalls nicht nachgewiesen. Da bei Laboranalysen bei weitem also nicht alle Inhaltsstoffe analysiert werden können, helfen die Patentschriften z.B. herauszufinden, welche Zusatzstoffe bereits den historischen Putzen zugesetzt werden konnten. Zusatzstoffe sollten und sollen die Eigenschaften der fertigen Putze beeinflussen. Hierzu gehören z.B. die Porosität und der Widerstand gegen Ausbleichen, auch die Witterungsbeständigkeit.

Die Rezepturen der historischen Trockenmörtel wurden möglichst geheim gehalten, so dass auch die Literatur nur sehr allgemeine Hinweise geben kann. Patentrecherchen ergaben, dass eine Vielzahl von Innovationen auf dem Gebiet der Trockenmörtel sehr schnell unter Patentschutz gestellt wurden, so dass sicherlich auch ein Erfahrungsaustausch verhindert und somit auch Innovationen verzögert wurden. Versuche zur Entwicklung eines weißen Zementes wurden zum Beispiel bereits um 1900 durchgeführt⁵⁸⁴, 1926 wird ein Produkt aus Stettin⁵⁸⁵ erwähnt, aber ein wirklich marktfähiges Produkt wurde erst 1931 als Dyckerhoff-Weiß eingeführt. Es ist anzunehmen, dass es –damals wie heute- harte Konkurrenzkämpfe um den Baustoffmarkt gab und dass viele kleine Firmen von größeren und schließlich von Terranova übernommen worden sind und die Produkte kleinerer Hersteller vom Markt verschwanden.

Neben den bereits an anderer Stelle erwähnten speziellen Zuschlägen wie Kieselsäuregel oder ähnlichem⁵⁸⁶ können Putze auch weitere nicht bestimmbare Zusätze beinhalten. So kommen lt. Patentschrift vom 29. August 1911 z.B. Zusatzstoffe in Frage, die der Verbesserung der Lagerfähigkeit dienen sollten bzw. ein vorzeitiges Abbinden durch Zutritt von Feuchtigkeit verhindern sollten. Die in dem Patent beschriebene Erfindung beruht darauf, „zum fertigen Mörtel oder zu einem der Mörtelbestandteile“ in organischen Lösemitteln (z.B. Alkohol oder Aceton) gelöste Öle oder Fette zuzusetzen. Gleichzeitig solle dem gelöschten Kalk etwas Stärke zugegeben werden, um die „Geschmeidigkeit des Mörtels ohne Erhöhung des

⁵⁸⁴ Oesterreichische Patentschrift Nr. 3686, C.A. Kapferer & Schleuning, München, Verfahren zur Herstellung eines cementartigen Bindemittels, angemeldet am 7. September 1899. (Hierzu gehört auch die darauf verweisende Patentschrift Nr. 5126 vom 12. April 1900).

⁵⁸⁵ Vgl. Kap. 1.2.1 Bindemittel. Und: KREMSER (1926), S. 967. Und: Weißer Zement, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 2/1926, S. 2.

⁵⁸⁶ Vgl. Kapitel 1.2.4 Zusätze und Kapitel 5.6.2.1 Auswertung.

Wasserszusatzes“ zu erhöhen. Die hier beschriebene Zugabe von Leinöl stellte zwar keine Neuerung dar, jedoch beschäftigt sich das Patent mit unterschiedlichsten Möglichkeiten, die „Fettstoffe“ vor, während oder nach dem Löschen des Kalks mit demselben zu vermengen.⁵⁸⁷

Die unbestimmbaren Bestandteile zeigen, dass eine 1:1-Nachstellung von Mörteln nahezu unmöglich ist. Das früher „normale“ handwerkliche Wissen um die Herstellung von hydraulischen Putzsystemen, die Kenntnis geeigneter Bindemittel-Zuschlag-Verhältnisse und die Erfahrung beim Ausführen von Putztechniken bleiben ebenso unabdingbar wie eine optische Kontrolle und die Schritt-für-Schritt-Anpassung der Mörtelmischungen an die Bestandputze für die Ermittlung einer Reparaturmörtel-Rezeptur

Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Faktor ist die Frage der Beschaffbarkeit der Materialien, insbesondere der Sande, Körnungen und Pigmente in den entsprechenden Qualitäten. Die Auswahl an Splitten und Sanden war zu Erbauungszeit der untersuchten Gebäude eine andere als heute. Zudem spielen auf dem Baustoffmarkt heute zunehmend auch Gesteine aus entfernteren Teilen der Erde eine Rolle, während einheimische Steinbrüche oft nicht mehr existieren oder auch möglicherweise an anderer Stelle andere Chargen und Gesteine abgebaut werden. Schwierigkeiten entstehen auch, da die Angebote im Allgemeinen relativ ungeordnet erscheinen.

Der Farbe der Sande und den darin jeweils enthaltenen Quarzen kann ebenfalls keine untergeordnete Bedeutung zugemessen werden.

Während regionale Natursteinvorkommen relativ gut dokumentiert scheinen, ist ein nach Gesteinsarten, Farbtönen und Kornformen sortiertes Verzeichnis von (einheimisch verfügbaren) Körnungen und Sanden ein Desiderat. Das Anlegen von z.B. Sand- und Körnungskatastern wäre deshalb als großer Beitrag für die Denkmalpflege zu werten.

⁵⁸⁷ Österreichische Patentschrift Nr. 74852, Carl August Kapferer, Elbart, Verfahren zur Verbesserung der Luftdurchlässigkeit von Trockenputzmörtel, angemeldet am 29. August 1911. Und: Eidgen. Amt für geistiges Eigentum, Patentschrift Nr. 58856, 29. August 1911, Verfahren zur Herstellung von besonders luftdurchlässigem Trockenmörtel.

7 Verzeichnisse

7.1 Forschungsstand

7.1.1 Im Rahmen des Projekts durchgeführte Untersuchungen

- 1 Adamini, Ronald / FEAD, : Mörtelanalysen. Objekt: Landhaus A., Groß-Glienicke, Untersuchungsbericht 2010.
Bestimmung der säurelöslichen Bestandteile: Bindemittel-Zuschlag-Verh., Sieblinie + -Tabelle
- 2 BAYER/WEBER (2012) - Bayer, Karol / Weber, Johannes : Licht- und Elektronenmikroskopische Untersuchungen an 5 Putzproben, Untersuchungsbericht 2012.
Polarisationsmikroskopie im Durchlicht (DL) und Aufricht (AL), mit parallelen bzw. gekreuzten Polarisatoren (// N bzw. X N) / Rasterelektronenmikroskopie (REM) an unbesputterten Schliffen im Niedrigvakuum-Modus, Back-scattered Elektronendetektor (BSE), energiedispersive Röntgen-Mikroanalytik. / Proben: Huf 01, Huf 02, Huf 06, WS 01, AdK 01
- 3 LAUE (2012) - Laue, Steffen: DBU - Projekt Edel- und Steinputze. Naturwissenschaftliche Analysen - Untersuchungsbericht, Untersuchungsbericht 2012.
Dünnschliffmikroskopie (PolMik) / Röntgendiffraktometrie (XRD) / μ -Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) / Thermoanalytik (TG/DSC) / Sieblinien / 19 Edel- und Steinputzproben
- 4 LAUE (2011) - Laue, Steffen: DBU - Projekt Edel- und Steinputze. Naturwissenschaftliche Analysen - vorläufiger Untersuchungsbericht, Untersuchungsbericht 2011.
Dünnschliffmikroskopie (PolMik) / Röntgendiffraktometrie (XRD) / μ -Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) / Thermoanalytik (TG/DSC) / 19 Edel- und Steinputzproben
- 5 Laue, Steffen: Salz- und Putzanalyse Südwestkirchhof Stahnsdorf. Mausoleum Caspary, Untersuchungsbericht 2004.
Probe 1: Putzprobe aus einem stark verwitterten Bereich
Frage: Wie hoch ist die Salzbelastung? / Was für Anionenkonzentrationen liegen vor? / Probe 2: Putzprobe von einem Feinputz aus einem unverwitterten Bereich / Aufgabe: quantitative Putzanalyse
- 6 Lietz, Bettina / Hirsch, Anke: Bohrwiderstandsmessung 7.6.2012, Untersuchungsbericht 2012.
Vergleichende Untersuchung von 3 Putzproben hinsichtlich ihres Bohrwiderstands.
- 7 Pietrowski, Nora: Arbeitsbericht zur Nachstellung historischer Edelputze, Untersuchungsbericht 2012.
Basierend auf den Ergebnissen der Putzuntersuchungen von Herrn Ullrich von der GWD sowie Herrn Laue von der FH Potsdam sollte ein farbiges Edelputzmaterial nachgestellt werden
- 8 SCHLÜTTER (2010) - Schlütter, Frank / MPA Bremen: Untersuchungsbericht 6067-10 - Steinputze Pergamonmuseum Berlin, Untersuchungsbericht 2010.
Materialkundliche Untersuchung: Charakterisierung / Materialkennwerte / Mikroskopische Untersuchung
- 9 Ullrich, Detlef G. / GWD: 2. Untersuchungsbericht Putz Buddhistisches Haus Edelhofdamm 54, 13465 Berlin-Reinickendorf. GWD-Bericht Nr. 10099-1, Untersuchungsbericht 2011.
Putzanalyse der Proben Buddh 05-07
- 10 Ullrich, Detlef G. / GWD: Bericht Hufeisensiedlung Britz / Putzuntersuchung, Untersuchungsbericht 2002.
Putzanalyse (Zusammensetzung/Sieblinie) alter Oberputze aus der Onkel-Bräsig-Str 135-143 (rot und gelbockerfarben) und neu aufgebrachter restaurierungsputze Jochen-Nüssler-Str (weiß, gelb, rot und blau)
- 11 Ullrich, Detlef G. / GWD: Bericht Putzuntersuchung Liebermann-Villa Berlin-Wannsee. GWD-Bericht Nr. 02122, Untersuchungsbericht 2002.
Putzanalyse (Zusammensetzung/Sieblinie) des Oberputzes Lieb 01
- 12 Ullrich, Detlef G. / GWD: Bericht Putzuntersuchung Waldstr. 25, Schöneiche. GWD-Bericht Nr. 12004-3, Untersuchungsbericht 2012.
Putzanalyse der Proben Wald 01

- 13 Ullrich, Detlef G. / GWD: Bericht Putzuntersuchung Wilhelmshorst. GWD-Bericht Nr. 12004-2, Untersuchungsbericht 2012.
Putzanalyse der Proben Wilh 01
- 14 Ullrich, Detlef G. / GWD: Bericht Putzuntersuchungen Hufeisensiedlung Berlin-Britz. GWD-Bericht Nr. 12004-1, Untersuchungsbericht 2012.
Putzanalyse der Proben Huf 01, Huf 02 und Huf 06
- 15 Ullrich, Detlef G. / GWD: Untersuchungsbericht Putz Buddhistisches Haus Edelhofdamm 54, 13465 Berlin-Reinickendorf. GWD-Bericht Nr. 10099, Untersuchungsbericht 2010.
Putzanalyse der Proben Wilh 01

7.1.2 Im Rahmen des Projekts durchgeführte Projekt-, Fach- und Diplomarbeiten

- 1 BAACK (2011a) - Baack, Annett: Bericht der Reinigungsproben Wertheimhaus/Kulturfabrik Moabit, Lehrter Straße, Projektarbeit FH Potsdam 2011.
Objektbeschreibung / Reinigungsproben mit Pufferlösung, Ammoniumcarbonat, Ionenaustauscherharz
- 2 BAACK (2011) - Baack, Annett: Die Fassade des Wertheim-Gebäudes in der Lehrter Straße 35, Berlin Moabit. Bestands- und Zustandsaufnahme. Betonwerkstein und Vorsatzbeton - Geschichte, Werkstoffkunde, Werktechniken, Facharbeit FH Potsdam 2011.
Baubeschreibung / Warenhausarchitektur / Betonwerkstein und Vorsatzbeton / Firma Czarnikow & Co. / Bestandsdokumentation
- 3 BAACK (2012) - Baack, Annett: Die Fassade des Wertheim-Fabrikgebäudes in Moabit. Erfassung von Materialität und Technologie der Betonwerksteinelemente und Edelputzflächen. Entwicklung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzepts, Diplomarbeit FH Potsdam 2012.
Baubeschreibung / Warenhausarchitektur / Betonwerkstein und Vorsatzbeton / Firma Czarnikow & Co. / Bestandsdokumentation
- 4 BAACK (2010) - Baack, Annett: Dokumentation Mausoleum Harteneck auf dem Südwestkirchhof Stahnsdorf, Projektarbeit FH Potsdam 2010.
Edelputz-Verarbeitung / Bestimmung der Mörtelkomponenten / Salzanalyse / Auswertung
- 5 BIRRESBORN / POERSCHKE (2012) - Birresborn, Lilli / Poerschke, Dörte: Abrasive und chemische Reinigungsmöglichkeiten für Edelputze. Recherche und Vorauswahl möglicher Methoden, Erprobung anhand von Testflächen, Projektarbeit FH Potsdam 2012.
Abrasive und chemische Reinigungsverfahren / Strahlverfahren, Strahlgüter / Testreihe mit ausgewählten Strahlgütern und Geräten
Testreihe mit ausgewählten chemischen Reinigern
- 6 BIRRESBORN / POERSCHKE (2013) - Birresborn, Lilli / Poerschke, Dörte: Edelputz als modernes Baumaterial zur Gestaltung von Architekturoberflächen in der ersten Hälfte des 20. Jh., Bachelorarbeit FH Potsdam 2013.
Abrasive und chemische Reinigungsverfahren / Strahlverfahren, Strahlgüter, Testreihen / Bestandsaufnahme im Raum Berlin-Brandenburg (Terranova-Referenzen)
- 7 EBELING / SEIFERT (2012) - Ebeling, Julica / Seifert, Eliza: Literaturrecherche zum stoffkundlich-technologischen Vergleich marktüblicher Putzhinterfüllmaterialien, Recherchearbeit FH Potsdam 2012.
Zusammenfassung aus verschiedenen Dokumenten zu Injektionsmassen aus den Jahren von 1990-2012.
- 8 HIRSCH / USABAEV (2009) - Hirsch, Anke / Usabaev, Kamilla: Edelputze und Steinputze. Materialfarbige Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts mit farbigem Trockenmörtel.
Literatur- und Objektrecherche, Projektarbeit FH Potsdam 2009.
Hierzu gehört eine Tabelle Reinigung-Bindemittel sowie eine Tabelle mit im Handel befindlichen Trockenmörteln inkl. Materialkennwerten.

- 9 HIRSCH (2011) - Hirsch, Anke: Edelputz. Begrifflichkeiten, Materialität, Technologie, Geschichte. Leitfaden über die Vorgehensweise zur Herstellung eines Ergänzungsputzes am Beispiel des Landhauses Abraham, Facharbeit FH Potsdam 2011.
Bestandsdokumentation / Schadensbilder / Putzanalyse / Putznachstellung
- 10 HIRSCH (2012) - Hirsch, Anke: Nachstellung historischer Edelputze, Diplomarbeit FH Potsdam 2012. Geschichte / Putztechniken / Rezepte / Analysen (7 Gebäude) / Nachstellungen
- 11 HIRSCH (2011a) - Hirsch, Anke: Putzanalyse. Wässrige Reinigungsmethoden. Organische Lösemittel, Projektarbeit FH Potsdam 2011.
Chemiepraktikum II/III, u.a. Nasschemische Untersuchung einer Edelputzprobe des Landhauses Abraham, Reinigung einer Achse des Landhauses Abraham mit Wasser und Ammoniumcarbonat-Tylose-Gel sowie einer Probe mittels einer Ammoniumcarbonat-Kompresse
- 12 IDEHEN (2010a) - Idehen, Anja: Edelputze und Steinputze. Literaturrecherche & Zusammenstellung zur Materialität und Technologie, Projektarbeit FH Potsdam 2010.
Begriffsbestimmung / Geschichte / Material und Technologie / Literaturrecherche
- 13 IDEHEN (2011a) - Idehen, Anja: Naturwissenschaftliches Praktikum III, Putzanalyse & wässriges Reinigungsverfahren, Projektarbeit FH Potsdam 2011.
Bestimmung Wassergehalt / Bestimmung HCL-lösliche Bestandteile - Karbonatbestimmung / Untersuchung des Filtrats bzw. Stammlösung (Sulfatbestimmung, Metalloxidgehalt, Calcium- und Magnesiumgehalt), CSH-Phasengehalt, Korngrößenverteilung / Systematische Reinigungsversuche einer Edelputzoberfläche mit wässrigen Lösemitteln
- 14 IDEHEN (2012) - Idehen, Anja: Steinputz & Betonwerkstein in der Fassadengestaltung des 20.Jh. in Berlin; Modifizierung eines Steinputzergänzungsmörtels am Beispiel der Nordfassade (Nordflügel) des Pergamonmuseums in Berlin, Diplomarbeit FH Potsdam 2012.
Steinputz und Betonwerkstein / Geschichte, Herstellung, Anwendungsbeispiele / Entwicklung eines Steinputzergänzungsmörtels am Beispiel der Nordfassade (Nordflügel) des Pergamonmuseums in Berlin / Bestandsaufnahme Nordfassade Nordflügel Pergamonmuseum, Schadenskartierung, Materialbeschaffung für die Mörtelnachstellung, Nachmischung und Oberflächenbearbeitung
- 15 IDEHEN (2011) - Idehen, Anja: Steinputz. Definition & Geschichte. Ansätze zur Herstellung eines Ergänzungsputzes am Beispiel der Nordfassade (Nordflügel) des Pergamonmuseum Berlin, Facharbeit FH Potsdam 2011.
Enthält u.a. Bestandskatalog Nordfassade Pergamonmuseum
Putzphasenkartierung, Schadbildkartierung und -katalog / Bericht Steinputz-Proben Casinowand
- 16 Lietz, Bettina: Probeflächen Edelputz und Steinputz - Studentencafé "Casino" Ostfassade, Ausführung Nov. 2010, Tabelle / Skizze FH Potsdam 2010.
2010 wurden am Casino Probeflächen mit Werkrockenmörteln und auch Handausmischungen angebracht. Hierzu gehören die Datenblätter der verwendeten Produkte.

7.1.3 Zwischenberichte des Projekts

- 01 Lietz, Bettina: Edelputz und Steinputz - Materialfarbige Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts mit farbigem Trockenmörtel – Entwicklung wirtschaftlicher und substanzschonender Erhaltungstechnologien, Arbeitsstand Juli 2010.
- 02 Lietz, Bettina: Edelputz und Steinputz - Materialfarbige Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts mit farbigem Trockenmörtel – Entwicklung wirtschaftlicher und substanzschonender Erhaltungstechnologien, Arbeitsstand Februar 2011.
- 03 Lietz, Bettina: Edelputz und Steinputz - Materialfarbige Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts mit farbigem Trockenmörtel – Entwicklung wirtschaftlicher und substanzschonender Erhaltungstechnologien, Arbeitsstand Januar 2012.

7.1.4 Zum Thema an der FHP durchgeführte Seminar-, Fach- und Diplomarbeiten

- 1 ADAMINI (2001) - Adamini, Ronald: Entfernung von farbigen Kupfersalzen aus karbonathaltigen Baustoffen, Diplomarbeit FH Potsdam, 2001.
- 2 Dömel, Ines (2006): Reinigung von Marmor- mikroskopische Bewertung verschiedener Reinigungsmethoden und –mittel anhand von Probeflächen auf Carrara, Großkunzendorfer, Kauffunger und Prieborner Marmor, Diplomarbeit, FH Potsdam, 2006.
- 3 DROTT (2002) - Drott, Udo: Wirkungsweise von chemischen Gipsumwandlungstechniken auf Kalkputz, Facharbeit FH Potsdam 2002.
Schadenmechanismus; Techniken zur Gipsumwandlung: Bariumhydroxid, Ammoniumcarbonat, Ionenaustauscherharze, Aluminiumoxalat, Testreihe
- 4 FARRAK (1999) -Farrak, Holger: Historische Steinkonservierungsmaßnahmen in Sachsen um 1900, Diplomarbeit FH Potsdam 1999.
Geschichte Steinkonservierung / Steinerhaltungsmittel
Untersuchungen der vier am häufigsten verwendeten Steinschutzmittel: Testalin, Fluat, Leinöl, Wachslösungen
- 5 IDEHEN (2010b) - Idehen, Anja / u.a.: Dokumentation Mausoleum Caspary auf dem Südwestkirchhof Stahnsdorf, Projektarbeit FH Potsdam 2010.
Bestandsdokumentation / Baubeschreibung / Restaurierungsgeschichte / Schadensbildkatalog
- 6 KRAUSE (2010) - Krause, Luise: Alkalisches Abbeizmittel aus Kalkhydrat und Schmierseife - Untersuchungen an Probereihen zur Abnahme von Anstrichen auf Architekturoberflächen in Bezug auf die restauratorische Anwendbarkeit, Diplomarbeit FH Potsdam 2010.
Freilegung von ursprünglichen Oberflächengestaltungen mittels Abbeizmittel, hier die Abnahme von öl-, harz- und wachshaltigen Anstrichen auf verschiedenen Architekturoberflächen mit einer Mischung aus Kalkhydrat und Schmierseife. Das Wirkungsprinzip beruht auf der Verseifung von Esterverbindungen. Testreihen
- 7 PREUSCHOFF (2009) - Preuschoff, Melanie: Edelputze und Steinputze. Begrifflichkeiten und Geschichte – Diskussion zu Erhaltung und Rekonstruktion, Facharbeit FH Potsdam 2009.
Begrifflichkeiten, Materialität, Technologie, Geschichte / Verarbeitung Edelputz / Verarbeitung Steinputz / Bedeutung farbiger Fassadenputze in der Architekturtheorie und Baupraxis des 19. und 20. Jahrhunderts
- 8 TEICHMANN (2007) - Teichmann, Judith: Chemische Pasten zur Entfernung von schwarzen Krusten und Verfärbungen auf Natursteinoberflächen, Seminararbeit, FH Potsdam, 2007.
- 9 THEOBALD (2009) - Theobald, Antje (2009): Entfernung von störenden oder schädlichen Ablagerungen, Seminararbeit, FH Potsdam, 2009.
- 10 VOLLMANN (2001) - Vollmann, Claudia: Edelputz - Möglichkeiten der Konservierung und Restaurierung eines modernen Baustoffs an dem Beispiel der Villa Vehse in Elster, Diplomarbeit FH Potsdam 2001.
Bestandsdokumentation, E-Modul-Messung, Biegezugmessung, Nasschemische Untersuchung, Polarisationsmikroskopie, Röntgenfluoreszenzanalyse, Röntgendiffraktometrie, Festigung, Reinigung, Hinterfüllung, Ergänzungsmörtel

7.1.5 Zum Thema durchgeführte Fach-, Diplomarbeiten und Dissertationen anderer Hochschulen

(Verwendete fett gedruckt)

- 1 Auer, Horst: **Farbiger Putz zur Steigerung der architektonischen Erscheinung von Bauten. Eine chronologische Darstellung der Entwicklung am Beispiel der städtischen Wohnhausfassade in Deutschland von 1900 bis 1960.**, Dissertation TH München 1967.
Putz und Farbe / Der ungefärbte Außenputz, Der gefärbte Außenputz / Anstriche / Die Farben / Farblehren / Vorschriften über die farbige Gestaltung von Hausfassaden im 18. und im 19. Jh. / Die Farbe am Haus in der Zeit des Klassizismus (Hittorf, Semper) / Die Gründerjahre (das Mietshaus) / Die Farbe am Haus in der Zeit des Jugendstils (Behrens, Olbrich, Hoffmann) / Die Gartenstadtbewegung / Aufruf zum farbigen Bauen / Siedlung Langenhorn / Hamburg, Siedlung Berne / Hamburg / Bruno Taut / Wohnbau in der Mitte der 20er Jahre (Berlin, Holland, Dessau, Frankfurt, Stuttgart, Karlsruhe, Köln)
- 2 Böttger, Karl Georg: **Mörtel für die Erhaltung historischer Kalkputze: Haftmörtel, Hinterfüllmörtel und**

Kalkputze, Dissertation Bauhaus-Universität Weimar 1997.

Schadensursachen: Alkalisalze, Sulfate, Gipsbildung, Ettringitbildung, Thaumazitbildung / Mörteluntersuchungen
Historische Kalkputzmörtel Torhalle Lorsch, Einhardbasilika Steinbach, Magdeburger Dom, Zisterzienserkloster Heydau
Entwicklung von Haftmörteln, Hinterfüllmörteln und Kalkputzen für die Restaurierung historischer Kalkputze

- 3 Brunsch, Thomas: Die historische Verwendung zementgebundener Kunststeine im Außenraum - im 19. und frühen 20. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung Berlins und Brandenburgs, Dissertation TU Berlin 2007.
Entwicklung des Zements im 18. und 19. Jh. / Geschichte des Betons im 19. und beginnenden 20. Jh. / Die Entwicklung der Kunststeinherstellung in Preußen zwischen 1810 und 1845, Produktionsverfahren der Zementwarenindustrie im 19. Jh., Stampfbetontechnik, Produktpalette der Zementwarenhersteller, Örtliche Betonanwendungen, Beispiele früher Kunststeinanwendungen in Berlin und Brandenburg
- 4 **GRELL (1996)**: - Grell, Stefan: Steinreinigung mit der Ammoniumcarbonatmethode und Ionenaustauscherharz, Facharbeit, Fachhochschule Hildesheim, 1996.
- 5 **GÖTZ (2006)** - Götz, Marko: Die Außenfassaden der Druiden-Loge Peine von 1926. Befundsicherung der materialfarbigen Gestaltung mit Edelputz – Steinputz – Betonwerkstein, Facharbeit FH Hildesheim 2006. Restauratorische Befundsicherung der materialfarbigen Außenfassaden
- 6 **GÖTZ (2007)** - Götz, Marko: Die materialfarbigen Fassadenoberflächen der Lessing-Loge in Peine von 1926 mit Edelputz – Steinputz – Betonwerkstein. Entwicklung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes zur Erhaltung, Reparatur und nachhaltigen Pflege mit einer praktischen Umsetzung in einer Pilotfläche und Überlegungen zur Erhaltungsperspektive, Diplomarbeit FH Hildesheim 2007.
Restauratorische Befundsicherung der materialfarbigen Außenfassaden; Verschmutzung / Vergipsung; Schadensursachen; Reinigung / Gipsreduzierung
- 7 **KAPFERER (1928)** - Kapferer, Hans: Der deutsche Putzbau unter besonderer Berücksichtigung und Darlegung des Marktes der Farbigen Trockenmörtel [Terranova-Putz] und der Bewegung "Farbe im Stadtbild.", Dissertation Universität München 1928.
Farbe und Putz; Trockenmörtel; Untersuchungen von Bedingungen für ein Edelputz-Unternehmen; Entwicklung und Zusammenschlussbetreiben in der deutschen Edelputzproduktion; Die ausländische Produktion farbiger Trockenmörtel
- 8 **KATSCHKE (2002)** - Katschke, Silke: Schutz und Instandsetzung von Waschbetonoberflächen, Dissertation Universität Dortmund 2002.
Herstellung strukturierter Betonoberflächen, Experimentelle Untersuchungen - Materialkennwerte, Untersuchungen am Bauwerk, Anlegen von Probestellen; Waschbetonelemente wurden zur Konsolidierung mit PCC-Spachtel beschichtet, danach wurden die Steine mittels Strahlverfahren wieder freigelegt. Haftzugfestigkeit, Karbonatisierungsmessungen
- 9 **LARISCH (2006)** - Larisch, Sara: Festigung von salzbelastetem tonmineralhaltigen Schilfsandstein und Überprüfung der Wirksamkeit einer nachträglichen Entsalzung, Diplomarbeit FH Hildesheim 2006.
Untersuchung verschiedener Konsolidierungsstoffe (Kieselsäureester, Kieselsole) auf ihre Eignung an salzbelastetem Schilfsandstein mit Blick auf eine nachträgliche Salzreduzierung
- 10 Rieger, Hans Jörg: Die farbige Stadt. Beiträge zur Geschichte der farbigen Architektur in Deutschland und der Schweiz 1910-1939, Dissertation Universität Zürich 1976.
Das 19. Jh., Die ersten bunten Siedlungen in Deutschland - Gartenstädte "Reform" in Magdeburg und "Falkenberg" in Berlin / 1914/18 / Utopische Architektur 1918-20 / Der Arbeitsrat für Kunst / Das bunte Magdeburg / Neues Bauen 1924-1932 - Otto Haesler in Celle, Bruno Taut in Berlin, Ernst May in Frankfurt / Die farbige Altstadt-Erneuerung / Der Bund zur Förderung der Farbe im Stadtbild (BFFS) / Die Jahre 1925-1939 / Farbige Architektur in der Schweiz

7.1.6 Sonstige Hochschulschriften

Eschebach, Tjalda (2009): Werkstattlehre II, Skript, Fachhochschule Potsdam, 2009.

Hauff, Gottfried (2009): Grundlagen der Steinkonservierung, Skript, Fachhochschule Potsdam, 2009.

Hotz, Tobias (2008): Die Reinigung von Kunst- und Kulturgut mit Fokussierung auf Architekturoberflächen und Steinobjekte, Skript für Fachtagung, 2008.

Laue, Steffen (2012): Wässrige Reinigungssysteme, Skript, Fachhochschule Potsdam, Potsdam 2012.

7.2 Literatur

7.2.1 Verwendete Literatur

- ARNOLD (2001): Arnold, Bärbel: Dokumentation von Putzen und ihren Schadensbildern, in: Historische Fassadenputze. Erhaltung und Rekonstruktion. Dritter IfB-Workshop im Kloster Nimbschen, 2001.
- BEHRENS/TERRANOVA (1930): Behrens, Peter: Terranova u. K -Steinputz, 32 Verarbeitungstechniken, hrsg. von Terranova-Industrie, o.O. 1930.
- BEHRINGER/RUETZ (1956): Behringer, Anton Kaspar / Ruetz, Magnus: Neuzeitliche Putzarbeiten - Innen und Außen. Ein Fachbuch von der Lehrzeit bis zur Meisterarbeit. Ein Handbuch für Architekten und Lehrer, Ravensburg 1956.
- BETTEN (1927): Betten, Albert: Wirkung und Technik der farbigen Trockenmörtel, in: Bauwelt, Sonderdruck, Heft 51/1927.
- BOHNAGEN (1909): Bohnagen, Alfred: Handbuch für die gesamte Kunststein-Industrie, Leipzig 1909.
- BOHNAGEN (1914): Bohnagen, Alfred: Der Stukkateur und Gipser. Die gesamte praktische Gipsverarbeitung einschließlich der Arbeitsmethoden des Modellierens und Punktierens sowie die Behandlung der verschiedenen Materialien und Mörtel. Nebst einem Überblick über Stil und Kunst aller Zeiten und einem Anhang brauchbarere praktischer Vorschriften, Leipzig 1914, Reprint 1997.
- BOUÉ (1999): Boué, Andreas: Der Putzbaukasten. Historische Fassadenputze authentisch wiederherstellen, Stuttgart 1999.
- BOUÉ (2001): Boué, Andreas: Dokumentation historischer Putzoberflächen, in: Historische Fassadenputze. Erhaltung und Rekonstruktion. Dritter IfB-Workshop im Kloster Nimbschen, 2001.
- CLAS (1925): Clas, L.: Farbiger Naturputz, in: Bauwelt, Heft 44/1925, S. 1040-1041.
- CLAS (1926): Clas, L.: Farbiger Naturputz, in: Bauwelt, Heft 43/1926, S. 1041-1043.
- CLAS (1927): Clas, L.: Neuartige Bearbeitung des Steinputzes, in: Bauwelt, Sonderdruck, Heft 51/1927.
- CLAS (1926): Clas, L.: Steinputz in Theorie und Praxis, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 31/1926, S. 60-62.
- CLAS (1927): Clas, L.: Flächige Fassaden in farbigen Trockenmörteln, in: Die Farbige Stadt, Heft 3/1927.
- DANZL (2003): Danzl, Thomas: "Kunstputz (Edelputz) - Kunststein (Betonwerkstein) - Kunststeinputz (Steinputz)." Die Bedeutung und Erhaltungsproblematik materialfarbiger Gestaltungen an Putzfassaden des 19. und 20. Jahrhunderts, in: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.), Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe, 2003, S. 146-159.
- DETTMERING/KOLLMANN (2012): Dettmering, Tanja / Kollmann, Helmut: Putze in Bausanierung und Denkmalpflege, Berlin 2012.
- DIETZ (1995): Dietz, F.: Innenputz für historische Gebäude, in: Bausanierung, 1995.
- DYCKERHOFF (1882): Dyckerhoff, Rudolf: Angaben über Farben-Zusätze zu Zement oder auch farbige Zemente, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 17/1882, S. 98.
- EMMENEGGER (): Emmenegger, Oskar: Historische Putztechniken. digitales Skript, <http://www.restaurator.tv/Lectures/Print.htm>, letzter Aufruf: 14.12.2012 .
- EMMENEGGER (1990): Emmenegger, Oskar: Reclams Handbuch der künstlerischen Techniken. Band 2 Wandmalerei, Stuttgart 1990.
- FRANKEN/MÜLLER (2001): Franken, Stephan / Müller, Harald S.: Historische Mörtel und Reparaturmörtel. Untersuchen, bewerten, einsetzen, Karlsruhe 2001.
- FRÖSSEL (2003): Frössel, Frank: Handbuch Putz und Stuck. Herstellung, Beschichtung und Sanierung für Neu- und Altbau, München 2003 .
- GASCH/GLASER (2011): Gasch, Hans Albert / Glaser, Gerhard: Historische Putze. Materialien und Technologien, Dresden 2011.

- GATZ/WALLENFANG (1941): Gatz, Konrad / Wallenfang, Wilhelm Otto: Farbige Bauten. Handbuch für farbige Bauten in Anstrich und Putz, München 1941.
- GESELL (O. J. [1943]): Gesell, Gerhard: Putz, hrsg. von Deutscher Heimatbund e.V., Berlin o. J. [1943].
- GIRNDT (1933): Girndt, Martin: Baustoffkunde, Leipzig, Berlin ¹¹1933.
- GÖDICKE-DETTMERING (1997): Gödicke-Dettmering, T.: Mineralogische und technologische Eigenschaften von hydraulischen Kalk als Bindemittel von Restaurierungsmörteln für Baudenkmäler aus Naturstein, in: IFS, Bericht Nr. 6, 1997, S. 100 ff..
- GRÜNDLING (1912, REPRINT 2005): Gründling, Paul: Der praktische Maurermeister, Leipzig 1912, Reprint 2005.
- HASAK (1925): Hasak, Max: Was der Baumeister vom Mörtel wissen muß, Berlin 1925.
- HEESE (1938): Heese, F.: Der praktische Maurer-Polier. Baukunde, Baubetriebslehre und handwerkliche Bau-Ausführung in Theorie und Praxis, Stuttgart 1938, (Illustrierte Handwerker-Bibliothek Band 22).
- HILGE/PETERSEN/KRUMBEIN (1998): Hilge, Catja / Petersen, Karin / Krumbein, Wolfgang E., Auswirkungen von UV-Bestrahlung und Ozon auf die Stoffwechselaktivität von Gestein und Putz besiedelnden Mikroorganismen, in: ZKK zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1/1998, S. 162-173.
- HOFFMANN (O.J. [1929]): Hoffmann, Franz: Die Putztechnik, Berlin o.J. [1929].
- KACZMARCZYK/KUHR (2008): Kaczmarczyk, Christel / Kuhr, Harald u.a.: Bautechnik für Bauzeichner. Zeichnen - Rechnen - Fachwissen, Wiesbaden 2008.
- KAPFERER (1928): Kapferer, Hans: Der deutsche Putzbau unter besonderer Berücksichtigung und Darlegung des Marktes der farbigen Trockenmörtel (Terranova-Putz) und der Bewegung "Farbe im Stadtbild", Diss. Univ. München 1928.
- KOCH (1930): Koch, Carl (Hrsg.): Großes Malerhandbuch. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für den modernen Dekorationsmaler, Lackierer, Anstreicher und Vergolder, Nordhausen a. Harz 1930.
- KOCH (1933): Koch, Carl (Hrsg.): Großes Malerhandbuch, Nordhausen am Harz 4o.J. [1933].
- KÖCKERITZ (1926): Köckeritz, Carl M.: Edelputz. Farbige, wetterbeständige Hausfronten ohne Anstrich, in: Bauwelt, Heft 36/1926, S. 872f.
- KOHL/BASTIAN (1953): Kohl, A. / Bastian, K.: Fachkunde für Maurer. Teil 1 Einfache Maurerarbeiten, Leipzig ⁷1953.
- KOHL/BASTIAN (1952): Kohl, A. / Bastian, K.: Fachkunde für Maurer. Teil 2 Maurerarbeiten an einem Kleinhaus, Leipzig ⁵1952.
- KOLLER (2003): Koller, Manfred: Material und Farbe in der Architekturoberfläche, in: Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe; internationale Fachtagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 20. - 22. November 2002, 2003.
- KREMSER (1926): Kremser, P.: Farbiger Zement. Eignung und Prüfung verschiedener Arten, in: Bauwelt, Heft 40/1926, S. 967.
- KÜNZEL (2000): Künzel, Helmut: Schäden an Fassadenputzen, hrsg. von Günter Zimmermann, Stuttgart 2000, (Schadenfreies Bauen, Band 9).
- KÜNZEL (2003): Künzel, Helmut: Außenputz. Untersuchungen - Erfahrungen - Überlegungen, o.O. 2003.
- LADE/WINKLER (1936): Lade, Karl / Winkler, Adolf: Die Putzarbeiten. Werkstoffe, Arbeitstechniken, Putzschäden, Stuttgart 1936, (Architekt und Bauhandwerk Heft 1).
- LADE/WINKLER (1952): Lade, Karl / Winkler, Adolf: Putz - Stuck - Rabitz. Ein Handbuch für das Gewerbe, Stuttgart 1952.
- LEIXNER/RADDATZ (2004): Leixner, Siegfried / Raddatz, Adolf : Putz, Stuck, Trockenbau. Materialien, Techniken, Schadensbildung und Sanierung. Handbuch für den Stuckateur, München 2004.
- MARTINS/SCHILLER (1952): Martins, Erich / Schiller, Erich u.a.: Fachkunde Maurer, Burg/Magdeburg 1952, (Lehrbücher für die Berufsausbildung).

- MORA/MORA SBORDONI (1973): Mora, P. / Mora Sbordoni, L., Metodo per la rimozione di incrostazioni su pietre calcaree e su dipinti murali (A method for the removal of incrustations from limestone and mural paintings), in: Problemi di Conservazione, 1973, S. 339-344.
- NARJES (1929): Narjes: Putz (Fortsetzung), in: Die Bauzeitung, Heft 27/1929, S. 2.
- NARJES (1929): Narjes: Putz (Schluss), in: Die Bauzeitung, Heft 28/1929, S. 4.
- NARJES (1929): Narjes: Putz, in: Mitteilungen der Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen e.V., Sonderdruck, Heft 36/1929, S. 1-8.
- O.V. (1930): O.V.: Eigenheime in Berliner Vororten, in: Der Neubau, Heft 10/1930, S. 181-184.
- O.V. (1926): O.V.: Welche Farben sind als Zementfarben verwendbar?, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 1+2/1926, S. 1-2.
- O.V. (1926): O.V.: Welche Farben sind als Zementfarben verwendbar, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 1/1926, S. 1-2.
- O.V. (1926): O.V.: Welche Farben sind als Zementfarben verwendbar (Fortsetzung), in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 2/1926, S. 1-2.
- O.V. (1931): O.V.: Normung, Körnung für Sand, Kies usw. werden genormt! , in: Die Bauzeitung : deutsche Bauzeitung : Fachzeitschrift für Architektur u. Bauwesen, Heft 2/1931, S. 25.
- OBST (1927): Obst, Walter: Welche Farben sind als Zementfarben verwendbar?, in: Das Betonwerk, Heft 29/1927, S. 6 - 7.
- Oesterreichische Patentschrift Nr. 3686, C.A. Kapferer & Schleuning, München, Verfahren zur Herstellung eines cementartigen Bindemittels, angemeldet am 7. September 1899.
(Hierzu gehört auch die darauf verweisende Patentschrift Nr. 5126 vom 12. April 1900
- PATENTSCHRIFT: Österreichische Patentschrift Nr. 12432, Firma C.A. Kapferer & Schleuning in München. Poröser Cementmörtel, angemeldet am 10. April 1900 - Beginn der Patentdauer: 15. Dezember 1902.
- PATENTSCHRIFT: Österreichische Patentschrift Nr. 74852, Carl August Kapferer, Elbart, Verfahren zur Verbesserung der Luftdurchlässigkeit von Trockenputzmörtel, angemeldet am 29. August 1911.
(Auch: Eidgen. Amt für geistiges Eigentum, Patentschrift Nr. 58856, 29. August 1911, Verfahren zur Herstellung von besonders luftdurchlässigem Trockenmörtel.)
- PATENTSCHRIFT: Österreichisches Patentamt, Patentschrift Nr. 91902, Fa. Gerhard Herfeldt in Andernach (Deutsches Reich), Verfahren zur Herstellung wetterfester farbiger Putzmörtel, angemeldet am 18. September 1918, Beginn der Patentdauer: 15. September 1922.
- PATENTSCHRIFT: Österreichisches Patentamt, Patentschrift Nr. 121440, Carl August Kapferer in Elbart (Bayern), Verfahren zur Herstellung beständiger, architektonischen Zwecken dienender Putzmörtel, angemeldet am 15. März 1926, Beginn der Patentdauer: 15. Oktober 1930
- PATENTSCHRIFT: Eidgen. Amt für geistiges Eigentum, Patentschrift Nr. 59344, Carl August Kapferer, Elbart (Bayern, Deutschland), Verfahren zur Erhöhung der Luftdurchlässigkeit von Putzflächen, 29. August 1911. Die entsprechenden Werkzeuge zum Bearbeiten von Putzflächen wurden ebenfalls patentiert.
- PATENTSCHRIFT: Reichspatentamt, Patentschrift Nr. 507966, Dipl.-Ing. Carl Kapferer in Elbart, Oberpfalz, Werkzeug zum Bearbeiten von Putzflächen, 11. September 1930
- PIETSCH (2005): Pietsch, Annik: Lösemittel. Ein Leitfaden für die restauratorische Praxis, hrsg. von Arbeitsgemeinschaft der Restauratoren (AdR), Stuttgart 22005, (VDR-Schriftenreihe Band 7).
- PROBST (1931): Probst, Erich: Der Baustoffführer. Technisches Auskunftsbuch über die natürlichen und künstlichen Baumaterialien, Halle a.S. ²1931.
- PROBST (1936): Probst, Erich: Handbuch der Betonsteinindustrie, Halle a.S. ⁴1936 [1919], (4. Auflage vom Handbuch der Zementwaren- und Kunststeinindustrie).
- PROBST (1950): Probst, Erich: Künstliche Steine und Stoffe, Halle (Saale) ²1950, (Stein-Fibel. Ein stummer Lehrmeister für junge und alte Fachmänner, 2. Teil).
- PURSCHE (1988): Pursche, Jürgen: Erhaltungsprobleme und Putzschäden, in: ZKK - Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 1988.

- PURSCHE (2003): Pursche, Jürgen: Betrachtung zu historischen Putzbefunden, in: Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe; internationale Fachtagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 20. - 22. November 2002, 2003.
- RADEMACHER (2003): Rademacher, Ingo: Grenzen und Möglichkeiten der Industrie bei der Wiederherstellung historischer Architekturoberflächen, in: Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe; internationale Fachtagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 20. - 22. November 2002, 2003.
- REINSCH (1991): Reinsch, Dietmar: Natursteinkunde. Eine Einführung für Bauingenieure, Architekten, Denkmalpfleger und Steinmetze, Stuttgart 1991.
- RETTIG (1912): Rettig, W.: Über farbige Trockenmörtel, München 1912.
- SCHÄFER (1925): Schäfer: Moderne Putztechniken, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 70/1925, S. 552-556.
- SCHÖNBURG (1991): Schönburg, Kurt: Gestalten mit Putzmörteln, Berlin 1991.
- SCHÖNBURG (2002): Schönburg, Kurt: Historische Beschichtungstechniken. Erhalten, Bewerten und Anwenden, hrsg. von DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin 2002.
- SCHÖNBURG (2005): Schönburg, Kurt: Beschichtungstechniken heute. Nachhaltiges Instandsetzen und Instandhalten von Bauwerksoberflächen, Korrosionsschutz, Holzschutz, hrsg. von Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin 2005.
- SCHÖNBURG (2007): Schönburg, Kurt: Strukturputze, historisch und neu, hrsg. von DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Wien, Zürich 2007.
- SCHÖNBURG (2009): Schönburg, Kurt: Schäden an Sichtflächen. Bewerten, Beseitigen, Vermeiden, Berlin ³2009.
- SCHRADER (1925): Schrader, Fr.: Der moderne Putz in Behandlung und Wirkung, in: Terrazzo und Mosaik, Heft 47/1925, S. 3f.
- SCHRADER (1928): Schrader, Fr.: Der Putz in neuzeitlicher Verwendung, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft Dez./1928, S. 160 - 161.
- SCHRADER (1928): Schrader, Fr.: Der Putz in neuzeitlicher Verwendung (Fortsetzung), in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft Dez./1928, S. 176 - 177.
- SCHRADER (1929): Schrader, Fr.: Der Putz in neuzeitlicher Verwendung (Schluss), in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 1/1929, S. 5.
- SCHRAMM/HERING (2000 = 1995): Schramm, Hans-Peter / Hering, Bernd: Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung, Ravensburg 2000 = 1995.
- SIEDLER (1927): Siedler, Ed. Jobst: Der Putz und seine Verwendung, Berlin 1927.
- SIEDLER (1932): Siedler, Eduard Jobst: Die Lehre vom Neuen Bauen. Ein Handbuch der Baustoffe und Bauweisen, Berlin 1932.
- SIEDLER (1951): Siedler, Eduard Jobst: Baustofflehre. Ein Handbuch der Baustoffe und ihrer Verwendung, Berlin 1951.
- SNETHLAGE (1994): Snethlage, Rolf: Kruste oder Patina? Verwitterungsformen im Oberflächenbereich kristallinen Marmors, in: Steinzerfall und Konservierung, Jahresbericht , 1994.
- SNETHLAGE (2008): Snethlage, Rolf: Leitfaden Steinkonservierung. Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Naturstein, Stuttgart ³2008 [1997].
- Sperling Reinigungstechnik GmbH, Vermietung, Strahlmittel, Broschüre, Berlin 2010.
- SPIRO/GÖHLER (2012): Spiro, Annette / Göhler, Hartmut: Über Putz. Oberflächen entwickeln und realisieren, hrsg. von Pinar Gönül, Zürich 2012.
- STARK/WICHT (2000): Stark, Jochen / Wicht, Bernd: Zement und Kalk, Basel 2000, (Der Baustoff als Werkstoff).
- STEGEMANN (1941): Stegemann, Rudolf: Das große Baustofflexikon. Handwörterbuch der gesamten Baustoffkunde, Berlin, Stuttgart 1941.

Technische Vorschriften für Bauleistungen. Aufgestellt vom Reichs-Verdingungs-Ausschuss, Berlin 1925, (DIN Taschenbuch 3).

Technische Vorschriften für Bauleistungen: aufgestellt vom Reichs-Verdingungs-Ausschuß unter Berücksichtigung der Änderungen bis Juli 1936, Berlin 1936, (DIN Taschenbuch 3).

TERRANOVA (1914): Terranova: Wetterfester, farbiger Trockenmörtel für dekorative Putz-, Zieh- und plastische Arbeiten. außerdem Spezial-Marke: Estrich-Terranova „Secura“, hrsg. von Terranova DRP, Freihung u.a. 1914.

TERRANOVA- UND STEINPUTZWERKE (1929): Terranova- und Steinputzwerke: Terranova-Putzwerkzeug, Werbeblatt, o.O. 1929.

TERRANOVA (1953): Terranova: 60 Jahre Terranova. 1893-1953. Rückschau und Ausblicke auf die Technologie der Putzmörtel, hrsg. von Terranova Wien, Wien 1953.

TERRANOVA (1958): Terranova: Terranova. Alles Wissenswerte über Verarbeitung und Verbrauch, hrsg. von Terranova -Industrie, o.O. 1958.

TERRANOVA (O.J.): Terranova: Terranova. Alles Wissenswerte über Verarbeitung und Verbrauch, hrsg. von Terranova-Industrie, o.O. o.J..

Terrasit-Industrie GmbH (Hrsg.): Terrasit-Industrie, Berlin 1914.

Ueber wetterbeständige Anstriche und Malereien auf Zement, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 88/1886, S. 525f.

WINKLER (1929): Winkler, Adolf: Die neuzeitliche Fassadenputztechnik, Berlin 1929.

Zement-Merkblatt „Putz“, hrsg. vom Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln o.J.

ZIMMERMANN (1978): Zimmermann, Günter: Verschmutzung von Fassaden, in: Deutsches Architekturblatt, Heft 12/1978.

7.2.2 Weiterführende Literatur

Boué, Andreas, Institut für Bauchemie Leipzig e.V. (Hrsg.): Historische Fassadenputze. Erhaltung und Rekonstruktion, Dritter IfB-Workshop im Kloster Nimbschen, Leipzig 2001.

Boué, Andreas (Hrsg.): Steiner Ergänzung. Mörtel für die Steinrestaurierung. 1. Workshop des Institut für Bauchemie Leipzig e.V. Kloster Nimbschen 26.-27. Juni 1998, Stuttgart 1999.

Grassegger, Gabriele / Patitz, Gabriele / Regierungspräsidium Stuttgart, Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.): Natursteinsanierung Stuttgart 2005. Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse und messtechnische Erfassungen, Stuttgart 2005.

Grassegger, Gabriele / Patitz, Gabriele / Regierungspräsidium Stuttgart, Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.): Natursteinsanierung Stuttgart 2006. Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse und messtechnische Erfassungen, Stuttgart 2006.

Hofrichter, Hartmut (Hrsg.): Putz und Farbigekeit an mittelalterlichen Bauten, Stuttgart 1993, (Veröffentlichungen der Deutschen Burgenvereinigung e.V., Reihe B: Schriften, zugleich Sonderheft der Zeitschrift „Burgen und Schlösser“).

Institut für Steinkonservierung e.V. (Hrsg.): Umweltbedingte Gebäudeschäden an Denkmälern durch die Verwendung von Dolomitmörteln (Abschlussbericht zum DBU-Projekt Az 15678, Mainz 2003.

Koser, Elke (Hrsg.): Restaurierungsmörtel in der Denkmalpflege, München 2006, (MONUDOCThema, 3).

Österreichisches Bundesdenkmalamt (Hrsg.): Putzfassaden in Europa um 1900. Studien zur Technologie und Restaurierung. Decorated Renders around 1900 in Europe. Technological Studies and Principles of Conservation and Restoration, Wien 1999, (Arbeitshefte zur Baudenkmalpflege / Bundesdenkmalamt).

Petzet, Michael (Hrsg.): Putzsicherung. Sicherung von Malereien auf gemauerten und hölzernen Putzträgern (Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege), München 1996, (Band 79).

Petzet, Michael (Hrsg.): Konservierung und Restaurierung von verputzten Mauerflächen (Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege), München 1990, (Arbeitsheft 45).

Terrasit-Industrie GmbH (Hrsg.): Ratgeber für die Wahl und Anwendung farbiger Trocken-Mörtel, Berlin 1914.

- DIN (Hrsg.): DIN 18555 - Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln, 09/1982.
- DIN (Hrsg.): DIN 1060-1 - Baukalk, 03/1995.
- Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (Hrsg.): Verfahren zur Herstellung von Belit-Bindemittel, Europäische Patentschrift EP 1 915 325 B1, Patenterteilung 11.03.2009., 2009.
- IRB - Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (Hrsg.): Restaurierung von Bauten der Klassischen Moderne, Stuttgart 2000.
- Fachverband Fliesen und Naturstein im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (Hrsg.): Fliesen und Platten aus Keramik, Naturwerkstein und Betonwerkstein reinigen, schützen und pflegen., Berlin 2007 .
- Landesamt für Denkmalpflege Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Massenwohnungsbau und Denkmalpflege, Berlin 1997.
- Württembergische Staatliche Beratungsstelle für das Baugewerbe (Hrsg.): Baukunde für die Praxis, Band 2 Ausbuarbeiten, Stuttgart 1935, (Baukunde für die Praxis 2).
- Rückert, Otto (Hrsg.): Die Grundlagen der Kunsthandwerklichen Arbeit des Baualers, Berlin 1929, (Bücher des Reichsbundes des deutschen Maler- und Lackiererhandwerks e.V. 2).
- Reichsbund des deutschen Maler- und Lackiererhandwerks e.V. (Hrsg.): Lehrbuch des Maler und Lackierer-Handwerks, Berlin 1928.
- Wasmuth, Günther (Hrsg.): Wasmuths Lexikon der Baukunst, 4 Bände, Berlin 1929-1932, (Band 2, C bis Gyp, 1930).
- Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.): Mittelalterliche Putze und Mörtel im Land Brandenburg, Potsdam 1998.
- Der Regenbogen. Aufruf zum farbigen Bauen!, in: Bauwelt, Heft 38/1919, S. 11.
- Die Steingießerkunst in Berlin, in: Der Sammler, 1854, S. 367f.
- Fassadenputz „Travertina“, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Beilage 48, Heft 95/1908, S. 189.
- AUER (1967): Auer, Horst: Farbiger Putz zur Steigerung der architektonischen Erscheinung von Bauten. Eine chronologische Darstellung der Entwicklung am Beispiel der städtischen Wohnhausfassade in Deutschland von 1900 bis 1960 , Diss. Fakultät für Bauwesen der Technischen Hochschule München 1967.
- ASTACHOW/IWANOW (1956): Astachow, G. I. / Iwanow, W. P.: Putz- und Stuckarbeiten, Leipzig 1956.
- BAELZ (1925): Baelz, Paul: Kalkputz, Kratzputz und Sgraffito, Berlin 1925.
- BINDER/U.A. (1955 (CA.), REPRINT 1985): Binder, Paul / u.a., : Stukkateur-Handbuch. Die Gipserfibel, Hannover 31955 (ca.), Reprint 1985 .
- BLUNCK (1931): Blunck, E.: Berliner Bauten aus neuester Zeit, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 1/2 + 37/38/1931, S. 1-11, 218-228.
- BÖTTGER (1997): Böttger, Karl Georg: Mörtel für die Erhaltung historische Kalkputz: Haftmörtel, Hinterfüllmörtel und Kalkputze, Diss. Bauhaus-Universität Weimar 1997.
- BOHNAGEN (1924): Bohnagen, Alfred: Der Kunststein. Systematische Einführung in das gewerbliche Kunststeinfach, Leipzig 21924.
- BOHNAGEN (1929): Bohnagen, Alfred: Der Terrazzo und die Terrazzomosaik. Umfassend die geschichtl. Entwicklung d. Terrazzos, die Arbeitsmaterialien u. die Ausführung von Mosaik- u. Terrazzoarbeiten jeder Art, Stuttgart 21929.
- BRENNE/PITZ (1998): Brenne, Winfried / Pitz, Helge: Siedlung Onkel Tom. Einfamilienreihenhäuser 1929. Architekt: Bruno Taut. , Berlin 2. Aufl.1998, (Die Bauwerke und Kunstdenkmäler von Berlin. Beiheft 1 Bezirk Zehlendorf.).
- BRENNE (2005): Brenne, Winfried: Bruno Taut. Meister des farbigen Bauens in Berlin, hrsg. von Deutscher Werkbund e.V., Berlin 2005.
- CHRIST (1994): Christ, A.: Chemie und Eigenschaften von Wasserglas, in: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1/1994.
- CHRIST (1994): Christ, A.: Rezepturen und industrielle Verfahren zur Herstellung von Wasserglas, in: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1/1994.

- CLAS (1927): Clas, L.: Wie verputze ich mein Haus?, in: Neubau, Heft 15/1927, S. 181ff.
- COHN (1855): Cohn, J.: Ueber die Wichtigkeit der Cemente, Breslau 1855.
- DANZL (1999): Danzl, Thomas: Rekonstruktion versus Konservierung? Zum restauratorischen Umgang mit historischen Putzen und Farbanstrichen an den Bauhausbauten in Dessau, in: Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt, Heft 2/1999, S. 100ff.
- DANZL (2001): Danzl, Thomas: Farbe und Form. Die materialtechnischen Grundlagen der Architekturfarbigkeit an den Bauhausbauten in Dessau und ihre Folgen für die restauratorische Praxis, in: Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt, Heft 1/2/2001, S. 7-19.
- DANZL (2002): Danzl, Thomas: Bauhaus in Dessau. Putze und Anstriche nach Befund, in: Restauo, Heft 2/2002, S. 387-388.
- DANZL (2003): Danzl, Thomas: Zum Stand der Konservierung von Wandmalerei und Architekturoberflächen in Sachsen-Anhalt, in: Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt, Heft 1/2003, S. 46-49.
- DANZL (2008): Danzl, Thomas: Beton-Polychromie? Von Mausgrau bis Kunterbunt! Zur Material- und Farbenfarbigkeit von Beton, in: Denk-mal an Beton! Material, Technologie, Denkmalpflege, Restaurierung, 2008, S. 104-113.
- DARMSTADT (1984): Darmstadt, Christel: Fassaden gestalten mit Farbe. Grundlagen und Hinweise für die Praxis, Bochum 1984.
- DIECKMANN (1932): Dieckmann: Die sachgemäße Verarbeitung des Außenputzes, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 18/1932, S. 353-357.
- FRANKEN (1995): Franken, S.: Die Frauenkirche zu Dresden. Entwicklung geeigneter Mörtel für den Wiederaufbau eines historischen Bauwerkes, in: Jahrbuch (1993) des Sonderforschungsbereichs 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“, 1995, S. 93-109.
- FRIESE/HERMONEIT U.A (1994): Friese, P. / Hermoneit u.a, B., Fassadenschäden durch Gipsbildung, in: Bautenschutz und Bausanierung, 1994, S. 55-60.
- FRIESEN (1956): Friesen, Hellmuth: Betonwerkstein als Werkstoff und Bauelement im neuzeitlichen Bauschaffen, Mainz 1956.
- FRITZ (1995): Fritz, Ekkehard: Gypsumwandlungs- und Reinigungsverfahren an Wandmalereien - Möglichkeiten und Gefahren beim Einsatz von Ammoniumcarbonat, in: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 2/1995.
- G., C.: Kunststein, in: Landwirthschaftliche Zeitung für Nord- und Mitteldeutschland, Heft 1/1857, S. 110.
- GÄNßMANTEL (2004): Gänßmantel, Jürgen: Klassifizierung, Beurteilung und Instandsetzung gerissener Putze u. Fassaden, in: IBK Darmstadt, Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V., Geschäftsstelle Würzburg (Hrsg.), Risschäden in Putz und Mauerwerk. Ursachenermittlung, Vermeidung, Sanierung, Praxisbeispiele zur Instandsetzung, IBK-Bau-Fachtagung BFT, Nr.: 304, 2004.
- GARDA (2003): Garda, Emilia: <<Smooth, hard, clean, perfect>>. Terranova, history of a modern Plaster, in: Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003, 2003, S. 965-975.
- GASCHE (2001): Gasche, Bruno: Steinputze. Probleme der Erhaltung, Restaurierung und Ergänzung, in: Andreas Boue / Institut für Bauchemie Leipzig e.V. (Hrsg.), Historische Fassadenputze. Erhaltung und Rekonstruktion, Dritter IfB-Workshop im Kloster Nimbschen, 2001, S. 125-133 .
- GOGOLL (2010): Gogoll, Lutz : Farbigkeit und Siedlungsarchitektur. Soziale Wirksamkeit von Farbe in der Klassischen Modernen und gegenwärtigen Architektur, Hamburg 2010.
- GORETZKI (1993): Goretzki, L.: Kieselsäureester und seine Wirkungsweise, in: Bausubstanz, 1993.
- GRIMM (2003): Grimm, Corinna: Untersuchungen zur Festigung des Halberstädter Muschelkalkes, in: ZKK - Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1/2003, S. 38-52.
- HAJOS (1928): Hajos, Elisabeth M. : Berliner Architektur der Nachkriegszeit, Berlin 1928, (Neue Architektur der Grosstädte).

- HAMMER (2003): Hammer, Ivo: Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe; internationale Fachtagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 20. - 22. November 2002, München 2003, (ICOMOS, Hefte des Deutschen Nationalkomitees, 39).
- HAMMER (1997): Hammer, Ivo: Die malträtierte Haut. Anmerkungen zur Behandlung verputzter Architekturoberfläche in der Denkmalpflege, in: Beiträge zur Erhaltung von Kunstwerken 7, hrsg. vom Restauratorenfachverband e.V. unter Mitwirkung der Hochschule für Bildende Künste Dresden und des Restauratorenverbandes Sachsen e.V., 1997, S. 14-23.
- HAMMER (2003): Hammer, Ivo: Bedeutung historischer Fassadenputze und denkmalpflegerische Konsequenzen. Zur Erhaltung der Materialität von Architekturoberfläche, in: Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe; internationale Fachtagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München, 20. - 22. November 2002, 2003, S. 183-214.
- HAMMER (1998): Hammer, Ivo: Zur Nachhaltigkeit mineralischer Beschichtung von Architekturoberflächen, Erfahrungen mit Kaliwasserglas und Kalk in Österreich, in: Mineralfarben. Beiträge zur Geschichte und Restaurierung von Fassadenmalereien und Anstrichen, Weiterbildungstagung des Instituts für Denkmalpflege an der ETH Zürich „Erfahrungen mit der Restaurierung von Mineralfarbenmalereien“, 20.-22. März 1997, 1998.
- HARBERS (1932): Harbers: Die Farbe im Stadtbild, in: (Der) Baumeister (Beil.), Heft Mai/1932, S. B 59 - B 60.
- HARRES (1881, REPRINT 2001): Harres, B.: Die Schule des Maurers, Leipzig 1881, Reprint 2001.
- HARTMANN (1926): Hartmann, Otto: Rezeptbuch für das Baugewerbe. Eine Sammlung wichtiger Rezepte und Ratschläge für das Bau-, Beton-, Eisenbeton- und Agrikulturfach, Berlin 1926.
- HASSLER (2000): Hassler, Uta: «Was der Baumeister vom Mörtel wissen muß ...», in: Baumeister, 2000, S. 80–82.
- HASSLER (2010): Hassler, Uta: Warum der «Baustellen-Mörtel» noch immer unverzichtbar ist ..., in: Kiese und Sande der Schweiz. Zuschläge für die Nachstellung historischer Mörtel und Putze, 2010, S. S 5–9.
- HEITMANN (1931): Heitmann, J.: Der Kunststein ein zeitgemäßer, billiger Baustoff, in: Die Bauzeitung : deutsche Bauzeitung : Fachzeitschrift für Architektur u. Bauwesen, Heft 19/1931, S. 204.
- HELLWEG (1932): Hellweg: Bewertung des Putzes als Außenhaut, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 18/1932, S. 344.
- HEMPEL (1924): Hempel, Richard: Verfahren zur Verbesserung von Trockenmörtel für Putzzwecke, DRP Nr. 423346, Berlin 1924.
- HERRMANN (1931): Herrmann: Rezepte für die Kunststein- und Bauindustrie (Fortsetzung), in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 22/23/1931, S. 293 - 294.
- HERRMANN (1931): Herrmann: Rezepte für die Kunststein- und Bauindustrie, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 20/1931, S. 277.
- HILL/THEURER (2009): Hill, Detlev / Theurer, Anja: Sanierungshandbuch Naturstein, Keramik, Terrazzo, Trier/Berlin 2009.
- HUBER (1927): Huber: Dessau und sein Bauhaus, in: (Der) Baumeister : Zeitschrift für Architektur, 1927.
- HÜTTMANN/TORMIN (1883 / 1996): Hüttmann, L. / Tormin, R.: Der Gipser als Zementierer, Tüncher und Stuckateur wie auch als Maler, Lackierer, Vergolder, Versilberer, Bronzierer und Tapezierer, Weimar/ Hannover 1883 / 1996, (Klassische Lehr- und Vorlagenbücher für den Praktiker Band 12).
- HUTH (1925): Huth, Friedrich: Oberflächenbehandlung in der Betonarchitektur, in: Terrazzo und Mosaik : Zeitschr. zur Förderung d. Terrazzo-Industrie Berlin , Heft 27, Juli/1925, S. 3 - 4.
- IBACH (1987): Ibach, H.: Die Kieselsäureesterfestigung, in: Naturstein, 1987.
- ISSEL (1902, REPRINT 1999): Issel, Hans: Illustriertes Lexikon der Baustoffe, Leipzig 1902, Reprint 1999.
- ISSEL (1922): Issel, Hans: Kunststein- und Mörtelindustrie, Leipzig 1922, (Die Werkstatt, Band 59, Die Kunststeinindustrie, Eine Sammlung von Hilfs und Lehrbüchern für das gesamte deutsche Handwerk und Gewerbe).
- JAHN (1932): Jahn, L.: Die Bedeutung des Putzes als Wärmeschutz, Windanfallschutz und Feuchtigkeitsschutz der Wohngebäude, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 18/1932, S. 348, 352.

- Müller, Karl: Kunst-Steinbau. Terrazzo, Mosaik, Marmor, Sandstein, Granit, Beton, Gommern 1905, Reprint 2003.
- KOCH (2003): Koch, Werner: Die Reparatur als konservatorischer Ansatz bei der Erhaltung von Putz und Architekturoberflächen. Eine Betrachtung vor dem Hintergrund „gängiger“ Konservierungsmethoden, in: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.), Historische Architekturoberflächen. Kalk - Putz - Farbe, 2003, S. 215-220.
- KRAMER (1924): Kramer, Oskar: Die Vorteile des Putzbaues in künstlerischer, technischer und wirtschaftlicher Beziehung, o.O. 1924.
- KREMMER (1927): Kremmer, Martin: Neue Fassaden vor alten Bauten, in: Neubau, Heft 24/1927, S. 281-286 .
- LADE/WINKLER (1956): Lade, Karl / Winkler, Adolf: Ursachen der Putz- und Anstrichschäden, Stuttgart 1956.
- LEHNER (1927): Lehner, Sigmund: Die Kunststeine. Eine Schilderung der Darstellung künstlicher Steinmassen, der Rohstoffe, Geräte und Maschinen, Wien, Leipzig 1927.
- LEHNER (1927): Lehner, Sigmund: Die Kunststeine. Eine Schilderung der Darstellung künstlicher Steinmassen, der Rohstoffe, Geräte und Maschinen, Wien 1927, (Chemisch-technische Bibliothek; 257).
- LETTENMAYER/WIBELITZ (1927): Lettenmayer, L. / Wibelitz, B.: Farbe im Städtebild. Geschichte und Wesen der Keim'schen Mineralfarben, Lohwald bei augsburg 1927.
- LIPOWITZ (1868): Lipowitz, A.: Die Portland-Cement-Fabrikation, Berlin 1868.
- MÄKELT (1951): Mäkelt, Arthur: Baustoffe, Leipzig 1951, (Teubners Fachbücher für Hoch- u. Tiefbau).
- MAIER (2007): Maier, Josef: Putz und Stuck. Materialien, Anwendungstechniken, Restaurierung, Stuttgart 2007.
- MAIRINGER (1992): Mairinger, Franz: Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Wandmalereien, in: ZKK Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1/1992, S. 81-94.
- MARKGRAF (BEARB.) (1999): Markgraf (Bearb.), Monika: Umgang mit Bauten der Klassischen Moderne: Kolloquium am Bauhaus Dessau , hrsg. von Stiftung Bauhaus Dessau , Dessau 1999.
- MARKGRAF (BEARB.) (2001): Markgraf (Bearb.), Monika : Umgang mit Bauten der Klassischen Moderne 2: Kolloquium am Bauhaus Dessau. Sanierung von Oberflächen, hrsg. von Stiftung Bauhaus Dessau , Dessau 2001.
- MARKGRAF (2005): Markgraf, Monika: Das Bauhaus in Dessau. Denkmal der Klassischen Moderne, Dresden 2005.
- MEIER-OBERIST (1926): Meier-Oberist, Edmund: Putz- und Backsteinbau als Mittel farbiger Gestaltung des Stadtbildes, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 45/1926, S. 374-376.
- MEIER-OBERIST (1927): Meier-Oberist, Edmund: Alfred Lichtwark und die Farbe in der Baukunst, in: Die Farbige Stadt, Heft 1/1927.
- MEIER-OBERIST (1932): Meier-Oberist, E.: Putz und Farbe, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 18/1932, S. 357-359.
- MENGHINI/WOHLLEBEN (1998): Menghini, Giovanni / Wohlleben, Marion: Mineralfarben. Beiträge zur Geschichte und Restaurierung von Fassadenmalereien und Anstrichen, Weiterbildungstagung des Instituts für Denkmalpflege an der ETH Zürich „Erfahrungen mit der Restaurierung von Mineralfarbenmalereien“, 20.-22. März 1997, Zürich 1998, (Veröffentlichungen des Instituts für Denkmalpflege an der ETH Zürich, Band 19).
- MÜLLER (1905): Müller, Karl: Stummer Lehrmeister für die gesamte Kunststeinbranche, Gommern 1905.
- MÜLLER-WULCKOW (1928): Müller-Wulckow, Walter: Bauten der Gemeinschaft, Königstein 1928.
- O.V. (1933): O.V.: Terranova- und Steinputzwerke, Berlin 1933.
- O.V. (1927): O.V.: Von der Baustelle - Schäden an Putz und Fußboden durch Säuren und säurehaltige Ablagerungen, in: Bauwelt, Heft 52/1927, S. 1290.
- O.V. (1925): O.V.: Kunst des Fassadenputzes, 9. Baubrief von einer Amerikareise , in: Bauwelt, Heft 11/1925, S. 257-264. (Auch in: Bauwelt : Baukunst, Bautechnik, Bauwirtschaft, Heft 11/1925, S. 257.)
- O.V. (1927): O.V.: Neuartige Behandlung von Betonflächen, in: Das Betonwerk (ehemals Terrazzo und Mosaik), Heft 42/1927, S. 7 - 9.
- O.V. (1930): O.V.: Die materialgerechte Oberflächenbehandlung von Beton, in: Das Betonwerk (ehemals Terrazzo und Mosaik), Heft 09/1930, S. 123 - 124.

- O.V. (1926): O.V.: Weißer Zement, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 2/1926, S. 2.
- O.V. (1931): O.V.: Fassadenputz durch maschinelles Spritzgußverfahren, in: Die Bauzeitung, Heft 8/1931, S. 1.
- O.V. (1932): O.V.: Warum gewöhnlicher Kalkputz, wenn man um dasselbe Geld Edelputz erhält?, in: Die Bauzeitung, Heft 19/1932, S. 3.
- O.V. (1929): O.V.: Das Contex-Verfahren eine neuzeitliche Behandlung von Beton-Oberflächen, in: Die Bauzeitung : deutsche Bauzeitung : Fachzeitschrift für Architektur u. Bauwesen, Heft 18 /1929, S. 198 - 200.
- O.V. (1928): O.V.: Der Putz und seine Verwendung, in: Moderne Bauformen, Heft Feb./1928, S. 2.
- O.V. (1927): O.V.: Terranova- und Steinputzwerke, in: Neubau, 1927, S. loses Blatt.
- O.V. (1925): O.V.: Steinmetzmäßige Bearbeitung von Betonwerkstein, in: Terrazzo und Mosaik : Zeitschr. zur Förderung d. Terrazzo-Industrie Berlin, Heft 25/1925, S. 6 -7.
- OHM (1942): Ohm, W.: Farbige Architektur. Vom Wesen und Wert der Farbe in der Baukunst, Habil. Berlin 1942.
- OPDERBECKE (1910): Opderbecke, Adolf: Der Maurer, hrsg. von Hans Issel, Leipzig 41910, (Das Handbuch des Bautechnikers. Eine übersichtliche Zusammenfassung der an Baugewerkschulen gepflegten technischen Lehrfächer, 2. Band).
- OSSWALD (1998): Osswald, Jürgen: Wasser geht - Gel kommt. Neue Erkenntnisse über die Abbindereaktionen in Silikatfarben, in: Bautenschutz + Bausanierung, Heft 3/1998.
- OSSWALD (1998): Osswald, Jürgen: Neue Erkenntnisse über das Wasserglas als Bindemittel, Struktur und chemische Prozesse, in: Mineralfarben, Beiträge zur Geschichte und Restaurierung von Fassadenmalereien und Anstrichen, 1998.
- RÜCKERT (1939): Rückert, Otto: Die Farbe als Element der baulichen Gestaltung, Stuttgart 21939.
- PEPINSKI (1928): Pepinski: Warum Putzbauten, in: Die Bauzeitung, Heft 15/1928, S. 2.
- PETRY (1913): Petry, Wilhelm: Betonwerkstein und künstlerische Behandlung des Betons, Berlin 1913.
- PIEPENBURG (1969): Piepenburg, Werner: Mörtel, Mauerwerk, Putz. Eigenschaften, Arbeitsregeln, Maßnahmen gegen Bauschäden, Wiesbaden, Berlin 51969.
- PIEPENBURG (O.J.[1958]): Piepenburg, Werner: So macht man guten Putz. Putzfibel für Baustelle und Bauleitung, Wiesbaden, Berlin 2o.J.[1958].
- PLAUSON (1930): Plauson, Hermann: Farbiger Putzmörtel, Patentschrift DRP Nr. 543894, Darmstadt 1930.
- PRANDTSTETTEN (O.J. [CA.1980]): Prandtstetten, Rainer: Historisches Mauerwerk und seine Restaurierung, o.O. o.J. [ca.1980].
- PROBST (1919): Probst, Erich: Handbuch der Zementwaren- und Kunststeinindustrie, Halle 1919.
- PROBST (1927): Probst, Erich: Handbuch der Zementwaren- und Kunststeinindustrie. Praxis und Theorie der Herstellung von Betonwaren jeder Art, Halle 31927.
- PROBST (1932): Probst, E.: Terrazzomaterial, in: Das Betonwerk, Heft 6-8/1932, S. ?.
- PROBST (1932): Probst, E.: Was ist als Terrazzomaterial tauglich?, in: Das Betonwerk, Heft 20/1932, S. 197 - 200.
- PROBST (1932): Probst, E.: Was ist als Terrazzomaterial tauglich? (Schluss), in: Das Betonwerk, Heft 21/1932, S. 209 - 212.
- PROBST (1929): Probst, E.: Terrazzoplatten, in: Das Betonwerk, Heft 45/1929, S. 699 - 702.
- RANKERS (1996): Rankers, Reinhard: Chemisch-mineralogische Methoden zur Charakterisierung von historischen Mörteln, in: Putzsicherung. Sicherung von Malereien auf gemauerten und hölzernen Putzträgern. Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 17.11.1992, 1996, S. S.48-50.
- RAVE (1968): Rave, Rolf: Bauen seit 1900 in Berlin, Berlin 1968.
- RAVE (1963): Rave, Rolf: Bauen seit 1900. Ein Führer durch Berlin, Berlin/Frankfurt/Wien 1963.
- RICHTER (1935): Richter, Wilhelm: Das Kunstgesetz des Edelbetons, o.O. 1935.

- RIEDEL (2002): Riedel, Jörg: Die Passionsfresken am Stephansdom in Wien: Grundlegendes zur geplanten Behandlung der Vergipsung, in: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 2/2002, S. 276-290.
- RIEGER (1976): Rieger, Hans Jörg: Die farbige Stadt, Beiträge zur farbigen Architektur in Deutschland und der Schweiz 1910–1939, Diss. Philosoph. Fakultät der Universität Zürich 1976.
- ROSE (1916): Rose, Friedrich : Die Mineralfarben und die durch Mineralstoffe erzeugten Färbungen. Die Eisencyanfarben / Peter Woringer, Leipzig 1916, (Chemische Technologie : Spezielle chemische Technologie).
- RÜCKERT (1927): Rückert, O.: Farbe oder Buntheit im Städtebild, in: Die Farbige Stadt, Heft 1/1927.
- SAUER (1932): Sauer, F.: Die neuere Entwicklung der Sgraffito-Technik, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 18/1932, S. 345-347.
- SCHLÜTTER/JULING (2002): Schlütter, Frank / Juling, Herbert, Dom zu Halberstadt - Mikroskopische Untersuchungen an Testflächen, in: Abschlusspublikation Domstiftung Sachsen-Anhalt (Hrsg.), Kalksteinkonservierung am Westportal des Halberstädter Domes St. Stephan und St. Sixtus, 2002, S. 129-159.
- SCHLÜTTER/JULING U.A (2001): Schlütter, Frank / Juling u.a, Herbert, Vergipsung mittelalterlicher Putze: Untersuchung und Konservierung, in: Andreas Boue / Institut für Bauchemie Leipzig e.V. (Hrsg.), Historische Fassadenputze. Erhaltung und Rekonstruktion, Dritter IFB-Workshop im Kloster Nimbschen, 2001, S. 45-67.
- SCHMIDT/BEARB. V. HUGO EBINGHAUS (1926): Schmidt, Paul / bearb. v. Hugo Ebinghaus, : Handbuch des Hochbaus. Ein Lehrbuch und Nachschlagewerk für Studium und Praxis, Nordhausen 21926.
- SCHMIDT (2009): Schmidt, Hartwig: "Kunststein - ebenso schön wie Naturstein" : ein Kunststeinkatalog der Firma Eduard Schwenk, Ulm aus dem Jahre 1907, in: Festschrift für Rainer Graefe : Forschen, Lehren und Erhalten / Juliane Mayer (Hrsg.), 2009, S. 169-186.
- SCHMIDT (1999): Schmidt, Hartwig: Vom Zementkunststein zum Betonwerkstein, in: Zur Geschichte des Stahlbetonbaus. Die Anfänge in Deutschland 1850 bis 1910 , 1999, S. 27-35.
- SCHMITT (1911): Schmitt, Eduard: Maurer- und Steinhauerarbeiten. Gewölbe und Gurtbogen; Steinernen Fußböden und Treppen, Leipzig 1911, (Band II).
- Schnell: Neue Zemente, in: Die Bauzeitung : deutsche Bauzeitung : Fachzeitschrift für Architektur u. Bauwesen, Heft 21/1926, S. 167 - 169.
- SCHÖNE/KRAMPTZ (2001): Schöne, Peter / Krampitz, Henry, Das Bauhausgebäude in Dessau. Zur Konservierung von Putzen und Anstrichen der Fassaden, in: Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt, Heft 1/2/2001, S. 20-27.
- SCHRADER (1925): Schrader, Fr.: Der moderne Putz in Behandlung und Wirkung, in: Terrazzo und Mosaik, Heft 47/1925, S. 3f..
- SPRINGER (2005): Springer, Veronika: Beton. Material und Oberflächengestaltung im 1. Drittel des 20. Jahrhunderts, Seminararbeit TU München 2005.
- STEGEMANN (1927): Stegemann, Rudolf: Putz und Farbe, in: Bauwelt, Sonderdruck, Heft 51/1927.
- TAUT (1919): Taut, Bruno: Aufruf zum farbigen Bauen, in: Die Bauwelt, Heft 38/1919, S. 11.
- TAUT (1919): Taut, Bruno: Beobachtungen über Farbenwirkung aus meiner Praxis, in: Die Bauwelt, Heft 38/1919, S. 12-13.
- Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): Denk-mal an Beton. Material, Technologie, Denkmalpflege, Restaurierung, Petersberg 2008, (Berichte zu Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland, Bd.16).
- WAGNER (1932): Wagner, Hans: Die Bedeutung des Anstrichs für den Putzbau, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 18/1932, S. 359-360.
- WAGNER (1886): Wagner, W.: Zement- und Schlacken-Betondecken, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 1/1886, S. 3-6.
- WAGNER (1927): Wagner, H.: Das Ergebnis einer vom Bunde zur Förderung der Farbe im Stadtbild an die Bauverwaltungen gerichteten Umfrage über Erfahrung mit Werkstoffen, in: Die Farbige Stadt, Heft 10/1927.
- WALTHER (1927): Walther, K. A.: Terranova-Fassaden in Weimar, in: Die Farbige Stadt, Heft 11/1927.

- WEBER (1994): Weber, Helmut: Fassadenschutz und Bausanierung: Der Leitfaden für die Sanierung, Konservierung und Restaurierung von Gebäuden, o.O. ⁵1994.
- WEEREN (1930): Weeren: Stoffechte Behandlung von Beton-Oberflächen, in: Deutsche Kunststein- und Zementwaren-Zeitung, Heft 7/1930, S. 37 - 38.
- WENDEHORST/HELMUT SPRUCK (1966): Wendehorst, Reinhard / Helmut Spruck, bearb.: Baustoffkunde. Für das Studium an staatl. Ingenieurschulen und zum Selbstunterricht., Hannover ¹⁸1966.
- WENDEHORST (1932): Wendehorst, Reinhard: Baustoffkunde, Leipzig ²1932, (Bautechnische Lehrhefte für den Unterricht an Baugewerksschulen Heft 16).
- WERNEKKE (1926): Wernekke: Oberflächenbehandlung von Beton, in: Zement, Heft 49/1926, S. 904.
- WERNEKKE (1932): Wernekke: Die Behandlung der Oberflächen von Betonbauten, in: Das Betonwerk (ehemals Terrazzo und Mosaik, Heft 17/1932, S. 173 - 174.
- WIHR (1985): Wihr, Rolf: Fußböden. Stein, Mosaik, Keramik, Estrich. Geschichte, Herstellung, Restaurierung, München 1985.
- WILLERS (2002): Willers, Ulrich: Chemische und physikalische Schadensprozesse an mineralischen Baustoffen - Untersuchungen an originären und schutzmittelbehandelten Prüfkörpern, Diss. Hamburg 2002.
- WINNEFELD/KNÖFEL (1998): Winnefeld, F. / Knöfel, D.: Jahresberichte Steinzerfall - Steinkonservierung 1994-1996. Verbundforschungsprojekt Steinzerfall und Steinkonservierung, hrsg. von Rolf Snethlage, Stuttgart 1998.
- WOLF (1932): Wolf, Gustav: Vom Putzbau, in: Deutsche Bauzeitung : DBZ, Heft 18/1932, S. 341-343.
- ZEHDER (1919): Zehder, Hugo: Aufruf zum farbigen Bauen, in: Die Bauwelt, Heft 38/1919, S. 1.
- ZEITSCHRIFT (1926-1937): Zeitschrift: Die Farbige Stadt. eine Monatsschrift hrsg. vom Bund zur Förderung der Farbe im Stadtbild e. V., Hamburg 1926-1937.
- ZEITSCHRIFT (1925-1943): Zeitschrift: Form und Farbe. Fachblatt für das Malerhandwerk / Reichsinnungsverband des Malerhandwerks, Berlin 1925-1943.
- ZIMMERMANN (1997): Zimmermann, Günter: Edelputz auf Sockelmauerwerk - Uneinheitliche Farbe als optische Beeinträchtigung, in: Bauschäden-Sammlung, Band 11, Sachverhalt - Ursachen - Sanierung, 1997, S. 66-67 .
- ZIMMERMANN (1915): Zimmermann, M. G.: Die Farbe im Stadtbild, in: J. Brix / F. Genzmer (Hrsg.), Städtebauliche Vorträge aus dem Seminar für Städtebau an der Technischen Hochschule zu Berlin, 1915.

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 1: Historische Putzproben - Tafeln des Herstellers „Dolomitin“ in Kratzputztechnik.	Lilli Birresborn, 2012	4
Abb. 2: Probetafeln für Edelputze des Herstellers „Terranova/ Weber-Maxit“, um 2000.	Anke Hirsch, 2011	4
Abb. 3: Werbung der Calcinova- und Zementwaren-Industrie, 1920er Jahre.	zit. n. DANZL (2003), S. 12	4
Abb. 4: Deckblatt der Broschüre „Terranova und K Steinputz. 32 Verarbeitungstechniken“	BEHRENS/TERRANOVA (1930)	12
Abb. 5: Besenspritzputz	GASCH/GLASER (2011), S. 31	17
Abb. 6: Leierspritzputz	GASCH/GLASER (2011), S. 30	17
Abb. 7: Terranova- Spritzputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 6	17
Abb. 8: Kombination aus Reibeputz und einer Besenspritzputztechnik	Anke Hirsch, 2011	17
Abb. 9: Anwerfen des Mörtels mittels Kelle	SCHÖNBURG (1991), S. 124	19
Abb. 10: Variation des Kellenwurfputzes mit eher unregelmäßiger Oberflächen-Struktur	SCHÖNBURG (1991), S. 124	19
Abb. 11: Variation mit weniger stark reliefierter Oberflächenstruktur	GASCH/GLASER (2011), S. 60	19
Abb. 12: Variation des Kellenwurfputzes mit klar definiertem, fladenartigem Anwurf	GASCH/GLASER (2011), S. 59	19
Abb. 13: Kellenspritzputz, historischer Befund	GASCH/GLASER (2011), S. 27	21
Abb. 14: Befundnachstellung	GASCH/GLASER (2011), S. 27	21
Abb. 15: Ein eher tropfenförmiger, sehr feinkörniger, historischer Befund	GASCH/GLASER (2011), S. 28	21
Abb. 16: Terranova Kellenwurf	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 10	21
Abb. 17: Eine farblich kontrastreiche Variation des Tropfenputzes	WINKLER (1929), S. 26	22
Abb. 18: Natursteinmauerwerk ist im Kellenglattstrichputzes integriert	GASCH/GLASER (2011), S. 20	23
Abb. 19: Kellenglattstrichputz mit erkennbaren Werkzeugspuren	GASCH/GLASER (2011), S. 19	23
Abb. 20: Terranova- Spachtelstrich	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 16	25
Abb. 21: Kreisförmiger Kellenstrich	GASCH/GLASER (2011), S. 61	25
Abb. 22: Terranova- Seitenstrich	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 17	25
Abb. 23: Terranova- kreisförmiger Draufelstrich, zurückhaltend strukturiert	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 12	25
Abb. 24: Fächerputz	SCHÖNBURG (2005), S. 128	25
Abb. 25: Terranova- Spitzkellenstrich	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 15	25
Abb. 26: Der Kellenstechputz mit seiner charakteristisch ausgehobenen Kellenstruktur	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 61	26
Abb. 27: Ein Kellendruckputz mittels Dreieckskelle ausgeführt	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 15	27
Abb. 28: Terranova- Eingedruckter Draufelputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 61	27
Abb. 29: Eine weniger stark reliefierte Variation	GASCH/GLASER (2011), S. 62	27
Abb. 30: Ausführung des Kellendruckputzes ähnlich einem Schuppenmuster	WINKLER (1929), S. 20	27
Abb. 31: typische Oberflächenwirkung eines Patschputzes	WINKLER (1929), S. 27	28
Abb. 32: großflächigere Patschputz-Strukturen	WINKLER (1929), S. 26	28
Abb. 33: vertikal strukturierter Patschputz	GASCH/GLASER (2011), S. 76	28
Abb. 34: senkrecht gekämmter Putz	WINKLER (1929), S. 18	30
Abb. 35: horizontal gezogener Besenstrichputz	GASCH/GLASER (2011), S. 49	30
Abb. 36: Gekämmter Putz schräg wechselnd mit Hohlkamm gezogen	WINKLER (1929), S. 18	30
Abb. 37: Sonderform als Bogenstrich auf senkrecht wellig gekratztem Putz	WINKLER (1929), S. 19	30
Abb. 38: Mit Gummikamm gezogener Putz	SCHÖNBURG (2005), S. 137	30
Abb. 39: Der Lämmer- oder Zopfputz	GASCH/GLASER (2011), S. 49	30
Abb. 40: Besenschlagputz	GASCH/GLASER (2011), S. 47	32
Abb. 41: Weitere Variation der Besenschlagputzes	GASCH/GLASER (2011), S. 46	32

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 42: Nagelbrettstippputz	GASCH/GLASER (2011), S. 37	32
Abb. 43: Rutenbündelstippputz	GASCH/GLASER (2011), S. 35	32
Abb. 44: Kombination aus Kellenwurf-Struktur und Rutenbesenstipp-Strukturen	GASCH/GLASER (2011), S. 34	32
Abb. 45: Terranova- Stippputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 11	32
Abb. 46: Stempelputz als Steinimitation	GASCH/GLASER (2011), S. 39	33
Abb. 47: Variation Stempelputz	GASCH/GLASER (2011), S. 40	33
Abb. 48: Walzputz	WINKLER (1929), S. 28	33
Abb. 49: Moderne Variation der Stempelputz-Technik	http://de.wikipedia.org/wiki/Haus_Am_Zwinger , letzter Zugriff am 22.11.12	33
Abb. 50: Rappputz mit erkennbaren Werkzeugspuren	GASCH/GLASER (2011), S. 12	35
Abb. 51: leicht diagonal strukturierter Rappputz	GASCH/GLASER (2011), S. 15	35
Abb. 52: vertikal verschleppter Putz	SCHÖNBURG (1991), S. 132	37
Abb. 53: Bei dieser Variation ist kaum eine Bearbeitungsrichtung erkennbar.	GASCH/GLASER (2011), S. 73	37
Abb. 54: horizontal verschleppter Putz	GASCH/GLASER (2011), S. 67	37
Abb. 55: Variation des Schleppputzes mit stark hervor springendem, grobem Zuschlagskorn	Lilli Birresborn, 2012	37
Abb. 56: verriebener Glattputz am Goethe- Gymnasium in Berlin.	Lilli Birresborn, 2012	39
Abb. 57: verriebener Glattputz am Goethe- Gymnasium in Berlin.	Lilli Birresborn, 2012	39
Abb. 58: verriebener Glattputz	Siedler (1951), S. 122	39
Abb. 59: waagrecht abgeriebener Putz mit vereinzelt leicht größerem Zuschlagskorn	WINKLER (1929), S. 20	39
Abb. 60: Münchner Rauputz rund verrieben	Siedler (1951), S. 122	41
Abb. 61: Münchner Rauputz waagrecht verrieben	Siedler (1951), S. 122	41
Abb. 62: Münchner Rauputz rund verrieben	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 9	41
Abb. 63: Münchner Rauputz senkrecht verrieben	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 8	41
Abb. 64: Nahaufnahme des Nesterputzes	GASCH/GLASER (2011), S. 56	42
Abb. 65: Terranova-Nesterputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 7	42
Abb. 66: Terranova - feinkörniger Kratzputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 7	44
Abb. 67: Terranova - körniger Kratzputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 7	44
Abb. 68: Terranova - grobkörniger Kratzputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 7	44
Abb. 69: Kratzputz an der Villa „Baurat Walther“ in Berlin	Lilli Birresborn, 2012	44
Abb. 70: Kratzputz am sog. „Langen Jammer“, Siemensstadt in Berlin	Lilli Birresborn, 2012	44
Abb. 71: Putzwerkzeug zum herstellen von Kratzputz, 1920er Jahre	Deutsches Museum, Firmenarchiv	44
Abb. 72: Steinputz geschliffen, gestockt und scharriert	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 25	47
Abb. 73: mit Zahneisen bearbeitet	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 26	47
Abb. 74: Hohlkehlen schachbrettartig angelegt	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 18	47
Abb. 75: überschliffen als Muschelkalk- Imitation	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 19	47
Abb. 76: Rautenförmig bearbeitet	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 20	47
Abb. 77: mit Spitzmeißel bearbeitet	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 27	47
Abb. 78: Grana Waschputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 28	47
Abb. 79: Grana Waschputz	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 29	47
Abb. 80: Terranova-Sgraffito	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 30	49
Abb. 81: Terranova-Sgraffito	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 31	49
Abb. 82: Terranova-Putzplastik	BEHRENS/TERRANOVA (1930), S. 32	49
Abb. 83: Erhabene Putzverzierung	WINKLER (1929), S. 28	49
Abb. 84: Kratzputzintarsien	SCHÖNBURG (2005), S. 128	49
Abb. 85 + Abb. 86: Farbiger Fugenmörtel an der „Villa Vehse“ in Elster	Claudia Vollmann, 2001	50

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 87: Dunkle Gipskrusten mit lose aufliegenden Partikeln, Villa in der Württembergallee 24 (Obj.-Nr.: 2586).	Lilli Birresborn, 2012	64
Abb. 88: Gipskrusten am Säuglingskrankenhaus in der Hansastraße	Lilli Birresborn, 2012	64
Abb. 89: Oberflächliche Ablagerungen, Fassade des Wohnhauses Schöneiche	Lilli Birresborn, 2012	64
Abb. 90: Gipskrusten und Absanden am Wohnhaus Schöneiche	Lilli Birresborn, 2012	64
Abb. 91: Gipsbelastung führte teils zur schollenbildung und zum Partiellen Totalverlust. Wohnhaus im Dinkelsbühler Steig 6 in Berlin Fronau	Lilli Birresborn, 2012	65
Abb. 92: Gipskrusten mit partiellen Auswaschungen oder durch mechanische Belastung entstandene Teilverluste. Wohnhaus im Dinkelsbühler Steig 6 in Berlin Fronau.	Lilli Birresborn, 2012	65
Abb. 93: Besondere Belastung durch Vogelkot an Ruheplätzen von Taubenschwärmen, wie hier auf Gesimsen	http://www.wa.de/bilder/2011/03/11/1157589/1350276739-280_008_2515814_wh14s102013B09.jpg , letzter Aufruf 18.12.2012	65
Abb. 94: Besondere Belastung durch Vogelkot im Bereich der Nistplätze von Mauerseglern in der Miningstraße der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	65
Abb. 95: Salzausblühungen an der Dorfkirche in Kroppen.	Lilli Birresborn, 2012	66
Abb. 96: Salzrasen am Mausoleum der Familie Harteneck in Stahnsdorf. (Objekt-Nr.: 4302)	Lilli Birresborn, 2012	66
Abb. 97: Salzrasen am Mausoleum der Familie Harteneck in Stahnsdorf. (Objekt-Nr.: 4302)	Lilli Birresborn, 2012	66
Abb. 98: Vergrünungen im Übergang zum Sockelbereich am Wohnhaus im Dinkelsbühler Steig 6 in Berlin- Fronau	Lilli Birresborn, 2012	67
Abb. 99: Flechtenbewuchs an Ziegelmauerwerk	http://de.academic.ru/pictures/de/wiki/70/FlechtaufMauer.jpg , letzter Aufruf 20.4.2012	67
Abb. 100: Starker Moosbewuchs an feuchtigkeitsbelasteten Bereichen.	http://img.fotowelt.chip.de/imgsever/communityimages/949000/949046/1280x.jpg , letzter Aufruf 18.12.2012	68
Abb. 101: Durch Moosbewuchs verstopfte Regenrinne.	http://www.rohr-frei-service.de/dichtheitspruefung/index.html	68
Abb. 102: Zugewachsenes Inspektorhaus des Krematoriums in Berlin- Wedding	Lilli Birresborn, 2012	68
Abb. 103: Detailaufnahme mit Haftwurzeln. Miningstraße der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	68
Abb. 104: Absprengungen und Verfärbung, Villa Baurat Walter.	Lilli Birresborn, 2012	69
Abb. 105: Absanden und oberflächliche Entfestigung des Putzes	Lilli Birresborn, 2012	69
Abb. 106: Reste der Haftwurzeln und Haftscheiben nach Entfernen eines Bewuchses durch Haftwurzelkletterer, Paster-Behrens-Straße, Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	69
Abb. 107: Verfärbungen durch Metallkorrosion an einer Putzergänzung in Form einer Ablaufspur, Dörchläuchtingstraße,	Lilli Birresborn, 2012	69
Abb. 108: Absanden der Höhen des Putzprofils an den Häusern der Siedlung des Beamtenwohnungsvereins „Alte Zauche“).	Lilli Birresborn, 2012	71
Abb. 109: Partielles Absanden am Haus Schöneiche	Lilli Birresborn, 2012	70
Abb. 110: Oberflächliches Absanden an der Villa Adlon	Lilli Birresborn, 2012	70
Abb. 111: Starkes Absanden an der Villa Amundsenstraße	Lilli Birresborn, 2012	70
Abb. 112: Entfestigung und Absanden lassen am Haus 6 des Kreiskrankenhauses Köpenick das Ziegelmauerwerk durchscheinen.	Lilli Birresborn, 2012	71
Abb. 113: Entfestigung des Putzes an der Wetterseite rechts. Die Fassade links ist sichtbar intakter. Onkel-Bräsig-Straße in der Hufeisensiedlung (Objekt-Nr.: 1200).	Lilli Birresborn, 2012	71
Abb. 114: Entfestigung und Absanden kann durch mechanische Belastung sichtbar werden (hier evtl. durch einen vorher dort wachsenden Strauch).	Lilli Birresborn, 2012	71
Abb. 115: Stark hervortretende Auswaschung an Fassaden in der Onkel-Bräsig-Straße	Lilli Birresborn, 2012	72

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 116: Auswaschungen Onkel-Bräsig-Straße der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	72
Abb. 117: Auswaschungen an der Johann-Peter-Hebel-Grundschule & Cäcilien-Grundschule	Lilli Birresborn, 2012	71
Abb. 118: defektes Wasserableitsystem am Wohnhaus Berliner Straße	Lilli Birresborn, 2012	71
Abb. 119: Auswaschungen an der Fassade des Rathaus Spandau	Lilli Birresborn, 2012	72
Abb. 120: Auswaschungen aufgrund einer defekten Regenrinne. Liningstraße in der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	72
Abb. 121: Deutlich erkennbar ist hier die Auswirkung der Feuchtigkeitsbelastung durch das Wasserableitsystem in der Guerickestraße	Lilli Birresborn, 2012	72
Abb. 122: Rissbildung, Schalenbildung und Teilverlust an der Fassade des Feuerwehdepts in der Rathausstraße	Lilli Birresborn, 2012	73
Abb. 123: Rissbildung, Onkel-Bräsig-Straße Nr.44	Lilli Birresborn, 2012	73
Abb. 124: Rissbildung bis hin zur Abspaltung ganzer Putzschollen durch Metallkorrosion an der Kirche in der Baumschulenstraße	Lilli Birresborn, 2012	73
Abb. 125: Schollenbildung, Rissbildung und Teilverlust in der Liningstraße der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	74
Abb. 126: Schalenbildung und Teilverlust des Oberputzes an der Paster-Behrens-Straße der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	74
Abb. 127: Schalenbildung an der Orangerie im Park Sanssouci	Lilli Birresborn, 2012	74
Abb. 128: Der Oberputz hat sich vom Unterputz getrennt und steht als Schale leicht von der Wand ab. Rathaus Spandau	Lilli Birresborn, 2012	74
Abb. 129: Fehlstelle am Säuglingskrankenhaus in der	Lilli Birresborn, 2012	74
Abb. 130: Kriegsschäden am Pergamonmuseum	Aufnahme o.J., Zentralarchiv der Staatl. Museen zu Berlin	75
Abb. 131: Großflächiger Totalverlust des Putzes an der Orangerie im Schlosspark Sanssouci	Lilli Birresborn, 2012	75
Abb. 132: Großflächige Verluste im Hinterhof des Theater am Nollendorfplatz, dem heutigen Goya-Club	Lilli Birresborn, 2012	75
Abb. 133: Fehlstelle am Sockelbereich des Inspektorhauses des Krematoriums in Berlin- Wedding	Lilli Birresborn, 2012	75
Abb.136: Alte Bohrlöcher in einer Fassade der Dörchläuchtingstraße	Lilli Birresborn, 2012	75
Abb.137: Bohrlöcher, teils noch mit Dübeln bestückt im Putz des Wohnhauses Schöneiche	Lilli Birresborn, 2012	75
Abb. 134: Fehlstellen, Rathaus Potsdam	Lilli Birresborn, 2012	76
Abb. 135: Überputzung deutlich erkennbar an der Fehlstelle, die den weißen Putz freilegt. Konsumverein Lichtenberg	Lilli Birresborn, 2012	76
Abb. 136: Überputzung Landhaus Abraham	Bettina Lietz, 2010	76
Abb. 137: Partielle Überfassung an der Johann-Peter-Hebel-Grundschule & Cäcilien-Grundschule	Lilli Birresborn, 2012	77
Abb. 138: Fehlstellen in der gelben Fassung legen den darunter liegenden weißen Edelputz frei. Stavenhagener Straße in der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	77
Abb. 139: Überfassung der Nikodemuskirche in Neukölln	Lilli Birresborn, 2012	77
Abb. 140: Ansatzstelle eines überfassten Hausabschnittes zum ungefassten Bestand in der Dörchläuchtingstraße der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	77
Abb. 141: Partielle Überfassung eines Edelputz-Bestandes, Paster-Behrens-Straße, Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	78
Abb. 142: Vergleich des Putzbestandes des Wohnhausblocks in der General-Barby-Straße mit und ohne Fassung.	Lilli Birresborn, 2012	78
Abb. 143: Graffiti an dem verfallenden Gebäude des Säuglingskrankenhauses HansasträÙe	Lilli Birresborn, 2012	78
Abb. 144: Graffiti an der Brandmauer des Konsumvereins Lichtenberg	Lilli Birresborn, 2012	78
Abb. 145: Optisch unpassende Ergänzung an der Fassade des Rathaus Potsdam	Lilli Birresborn, 2012	79

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 146: Optisch in Farbe und Textur herausstechende Ergänzung an einer Fassade in der Liningstraße der Hufeisensiedlung.	Lilli Birresborn, 2012	79
Abb. 147: In Textur gut passende, aber optisch nicht angepasste Ergänzung an einer Fassade in der Liningstraße der Hufeisensiedlung	Lilli Birresborn, 2012	79
Abb. 148: Optisch stark heraus stechende Ergänzungen im großen Umfang an der Villa Schmidt, dem ehemaligen Schloss Hohenschönhausen	Lilli Birresborn, 2012	79
Abb. 149: General-Barby-Straße, links der überfasste Bereich und zum Vergleich rechts ein ursprünglicher Putzbereich.	Lilli Birresborn, 2012	81
Abb. 150: Das Säuglingskrankenhaus in der HansasträÙe zeigt ein umfangreiches Spektrum an Schadensbildern am Putzbestand. Zu erkennen sind beispielsweise Verschwärzungen, Fehlstellen, Absandende Bereiche und Graffiti	Lilli Birresborn, 2012	82
Abb. 151: Beispiel eines werkmäßig hergestellten Edelputzes, rechts Auszug aus Produktdatenblatt	Bettina Lietz, 2011	84
Abb. 152: Steinputzprobenmuster der Firma „Saint-Gobain Weber GmbH“ und die Auswahl für die Probeflächen 2010	Bettina Lietz, 2011	84
Abb. 153: Musterfelder am Casinogebäude der FHP	Bettina Lietz, 2011	85
Abb. 154: Musterfelder am Casinogebäude der FHP mit Putz der Fa. Sakret	Bettina Lietz, 2011	85
Abb. 155: Steinputzmuster am Casinogebäude der FHP	Bettina Lietz, 2011	85
Abb. 155: Edelputzmuster am Casinogebäude der FHP	Bettina Lietz, 2011	85
Abb. 157: Probefelder mit Putz der Fa. Sakret (Nr. 7 u. Nr. 6)	Bettina Lietz, 2011	86
Abb. 158: Probefelder mit Putz der Fa. Weber-Maxit (Nr. 11 u. Nr. 10)	Bettina Lietz, 2011	86
Abb. 159: Steinputz mit gelbem Granit 1:4	Bettina Lietz, 2011	87
Abb. 160: Steinputz Alpengrün 1:3	Bettina Lietz, 2011	87
Abb. 161: Steinputz Porphyrt 1:3	Bettina Lietz, 2011	87
Abb. 162: Scharrieren der Probefläche	Bettina Lietz, 2011	88
Abb. 163: Zahnen der Probefläche	Bettina Lietz, 2011	88
Abb. 164: Steinmetzmäßig bearbeitete Probeflächen Weber.San 191 Steinputz, links Labornr. 4012, rechts Labornr. 4367 (Nr. 9 und Nr. 8)	Bettina Lietz, 2011	88
Abb. 165: Steinmetzmäßig bearbeitete Probefläche der Steinputz-Baustellenmischung Alpengrün mit Grauzement (Nr. 15)	Bettina Lietz, 2011	88
Abb. 166: Steinmetzmäßig bearbeitete Probefläche der Steinputz-Baustellenmischung rechts gelber Granit mit Grauzement (Nr. 17)	Bettina Lietz, 2011	88
Abb. 167: Diagramm Korngrößenverteilung Zuschläge der Putzprobeflächen am Casino der FHP	Anja Idehen, 2011	89
Abb. 168: Karte mit den in der Objektliste verzeichneten Bauten in Berlin; Ausschnitt aus Gesamtkarte	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	92
Abb. 169: Liste der im Objektkatalog verzeichneten Bestands-Bauten in Berlin/Brandenburg	Bettina Lietz, 2013	94
Abb. 170: Beispiel eines Objekt-„Steckbriefs“ der verzeichneten Bestands-Bauten in Berlin	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	95
Abb. 171: Siemensstadt, Bauteil Fred Forbat, Geißlerpfad, links Westseite, Aufnahme 1974, rechts Torhaus (Beispiele)	Bildarchiv Foto Marburg, Aufnahme-Nr. 201.746 (http://www.bildindex.de/obj20556788.html# home), letzter Aufruf 20.4.2013 und: http://www.berliner-stadtplan.com/poi/3208_Geisslerpfad-Berlin-Charlottenburg-Siemensstadt , letzter Aufruf 20.4.2013	104
Abb. 172: Probe Si 01	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	104

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 173: Korngrößenverteilung Si 01; Grafik nach Ergebnissen Steffen Laue, FH Potsdam	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen Steffen Laue	105
Abb. 174: Si 01, Dünnschliffphoto (Ipol) weißer Edelputz mit Oberfläche (Anstrich)	Steffen Laue, 2011	105
Abb. 175: Si 01, Dünnschliffphoto (Ipol) weißer Edelputz: überwiegend braunes karbonatisches Bindemittel	Steffen Laue, 2011	105
Abb. 176: Hufeisensiedlung Berlin-Britz, Fassaden mit neuen Edelputzen in Rot, Gelb und Blau	Anke Hirsch, 2011	106
Abb. 177: Probe Huf 01 – Jochen-Nüßler-Str. 19	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	108
Abb. 178: Probe Huf 02 – Jochen-Nüßler-Str. 45	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	108
Abb. 179: Probe Huf 03 – Talberger Straße-Str.	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	108
Abb. 180: Probe Huf 04 – Jochen-Nüßler-Str. 33, rechte Fassadenecke über Sockel	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	108
Abb. 181: Huf 05 – Paster-Behrens-Str., zwischen Gliedower und Talberger Str.	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	108
Abb. 182: Huf 06 – Onkel-Bräsig-Str., Südl. d. Hufeisens, erster Riegel, rechte Straßenseite	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	108
Abb. 183: Grafik nach Ergebnissen FHP Laue	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen Steffen Laue	109
Abb. 184: Grafik nach Ergebnissen GWD Ullrich	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen Steffen Laue	109
Abb. 185: Grafik nach Ergebnissen GWD Ullrich	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen Steffen Laue	109
Abb. 186-188: Huf 01, Dünnschliffbilder (Ipol)	Steffen Laue, 2011	112
Abb. 189-193: Huf 01, Dünnschliffbilder DL //N , DL – DF	Bayer/Weber, 2011	112
Abb. 194-195: Huf 02, Dünnschliffbilder (Ipol)	Steffen Laue, 2011	113
Abb. 196-201: Huf 02, Dünnschliffbilder; DL-DF, REM-BSE	Bayer/Weber, 2011	113
Abb. 202-203: Huf 03, Dünnschliffbilder (Ipol)	Steffen Laue, 2011	114
Abb. 204-205: Huf 04, Dünnschliffbilder (Ipol)	Steffen Laue, 2011	114
Abb. 206: Huf 05, Dünnschliffbild (Ipol)	Steffen Laue, 2011	114
Abb. 207-208: Huf 06, Dünnschliffbilder (Ipol)	Steffen Laue, 2011	115
Abb. 209-214: Huf 06, Dünnschliffbilder DL //N, REM-BSE	Bayer/Weber, 2011	115
Abb. 215: Neue Edelputze bzw. Farbbeschichtung in Gelb und Rosé; Bebauung an der Karlstadter Str. 21 (Birkenhof)+22 (Kastanienhof)	Bettina Lietz, 2012	116
Abb. 216: Fassaden mit alten Edelputzen Ocker und Rotbraun; Bebauung an der Karlstadter Str. 4 (Kastanienhof)	Bettina Lietz, 2012	116
Abb. 217: Probe KiV 01 – Karlstadter Straße 38	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	117
Abb. 218: Probe KiV 02 – Retzbacher Weg 66	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	117
Abb. 219: Probe KiV 03 - Karlstadter Strasse 21 und 27	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	117
Abb. 220: Probe KiV 03 - Karlstadter Strasse 21	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	117
Abb. 221-222: KiV 01, Dünnschliffbilder (Ipol, XRD)	Steffen Laue, 2011	118
Abb. 223-224: KiV 02, Dünnschliffbilder (Ipol, xpol)	Steffen Laue, 2011	118
Abb. 225-226: KiV 03, Dünnschliffbilder (Ipol)	Steffen Laue, 2011	119
Abb. 227-228: KiV 04, Dünnschlifffotos (Ipol,xpol)	Steffen Laue, 2011	120
Abb. 229: Stark verdunkelter blauer Edelputz am Gebäude der AdK im Hanseatenweg	Anke Hirsch, 2011	120
Abb. 230: Probe AdK 01, Oberfläche	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	121
Abb. 231: Probe AdK 01, Unterseite und Seitenansicht	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	121
Abb. 232-233: AdK 01, Dünnschlifffotos (Ipol)	Steffen Laue, 2011	121
Abb. 234: Stark verschmutzter hell-ockerfarbener Edelputz am Gebäude des ehem. Säuglingskrankenhauses Weißensee	Bettina Lietz, 2012	122
Abb. 235: Probe Säkr 01, Oberfläche	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	123

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 236: Probe Säkr 01, Unterseite und Seitenansicht	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	123
Abb. 237-238: Säkr 01, Dünnschliffphotos (lipol, xpol)	Steffen Laue, 2011	123
Abb. 239: Landhaus Abraham, Straßen- und Terrassenfassade und Detail überspritzer Originalputz, vor Sanierung 2010	Bettina Lietz, 2010	124
Abb. 240: Probe LAbR 01 mit Spritzbewurf LAbR 02, Landhaus Abraham, Groß Glienicke	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	124
Abb. 241: Korngrößenverteilung Probe LAbR 01; Grafik nach Ergebnissen FEAD GmbH	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen FEAD GmbH	125
Abb. 242: Querschliffbilder LAbR - FHPOT2 [1] 2, 5 fach.tif, FHPOT3 [1]2,5fach.tif, FHPOT5, 2, 5fach.tif	FEAD GmbH, 2010	126
Abb. 243: Wohnhaus Potsdam, Straßenansicht Amundsenstraße 38 und Detail Hofseite	Bettina Lietz, 2011	126
Abb. 244: Probe Amds 01 (Unterputz) und 02 (Kratzputz)	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	126
Abb. 245: Probe Amds 03 (Scheibenputz)	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	126
Abb. 246: Probe Amds 04, Amundsenstraße, Potsdam (nicht untersucht)	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	126
Abb. 247: Sieblinie Amds 01	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen Anke Hirsch, FH Potsdam	127
Abb. 248: Sieblinien Amds 02 und 03	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen Anke Hirsch, FH Potsdam	127
Abb. 249: Gartenhaus Buddh. Haus, Gesamt- und Detailansichten Oberputz, 2011	Anke Hirsch, 2011	128
Abb. 250: Sieblinien Budd 01, 02, 03 und 04	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen GWD, Ullrich	129
Abb. 251: Sieblinie Budd 03, 06 und 07	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen GWD, Ullrich	129
Abb. 252: Villa Max Liebermann, Gärtnerhaus – Gesamtansicht und Detail mit Belegfläche des ursprünglichen Putzes	Anke Hirsch, 2011	131
Abb. 253: Sieblinie Lieb 01	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen GWD, Ullrich	132
Abb. 254: Wohnhaus Schöneiche, Fassade Straßenansicht und Detail abgewitterte Zone	Anke Hirsch, 2011	133
Abb. 255: Sieblinie Schön 01	Bettina Lietz, 2013, nach Ergebnissen GWD, Ullrich	133
Abb. 256: Wohnhaus Wilhelmshorst, Fassade Straßenansicht, Detail abgewitterte Zone	Anke Hirsch, 2011	134
Abb. 257: Wertheim-Haus Lehrter Straße, Berlin-Moabit, rechts Schmuckelemente aus Vorsatzbeton	Bettina Lietz, 2011	135
Abb. 258: Probe KuFa 02, Flächenputz	Annett Baack, 2011	136
Abb. 259: Probe KuFa 01 und 02; a) Unterputz b) Oberputz c) Stroh	Annett Baack, 2011	136
Abb. 260-267: KuFa, Dünnschliffbilder	Annett Baack, 2011	137
Abb. 268-275: KuFa, Makro- und mikroskopische Aufnahmen	Annett Baack, 2011	138
Abb. 276: Grafik: Auszählung der Korngrößenverteilung auf einer Fläche von ca. 6x7 cm	Annett Baack, 2011	139
Abb. 277: Weiße Stadt, Hauseingang Aroser Allee	Bettina Lietz, 2012	140
Abb. 278-287: WS 01 bis 05, Dünnschliffphotos	Steffen Laue, 2011	141
Abb. 288-301: WS 01, Dünnschliffphotos	Bayer/Weber, 2011	143
Abb. 302: Pergamonmuseum, Nordflügel, Nordfassade	Bettina Lietz, 2010 / Werner Koch, 2009	145
Abb. 303-305: Proben PMu 14 und 15 im Anlieferungszustand	Frank Schlütter, MPA Bremen, 2010	146
Abb. 306-341: Dünnschliffmikroskopie PMu 14 und 15	Frank Schlütter, MPA Bremen, 2010	147
Abb. 342: Düse für große Flächen	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren , letzter Zugriff: 10.10.12	160
Abb. 343: Düse für kleine Flächen	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren , letzter Zugriff: 10.10.12	160

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 344: Sandstrahlfass 30 l	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/technik/sandstrahltechnik/luft-sandstrahler , letzter Zugriff: 02.10.12	160
Abb. 345: Graffiti-Entfernung	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/technik/sandstrahltechnik/luft-sandstrahler , letzter Zugriff: 02.10.12	160
Abb. 346: Überblick über Technik des Injektorstrahlverfahrens	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/technik/sandstrahltechnik/luft-sandstrahler , letzter Zugriff: 02.10.12	160
Abb. 347: Kessel 24l, Wasserabscheider, Aktivkohlefilter	http://www.sapi-gmbh.de/produkte/niederdruck-schonstrahlgeraete-/index.php , letzter Zugriff: 04.10.12	160
Abb. 348: o.: Venturi-Rundstrahldüse; u.: Flachstrahldüse	http://www.radler-ruf.de/index.php/de/zubehoer/strahlduesen/181-wirbelstrahlkopf , letzter Zugriff: 04.10.12	161
Abb. 349: Wirbelstrahlkopf mit Ringdüse für Wasseranschluss	Sperling Reinigungstechnik GmbH (2010), S. 1.	161
Abb. 350: Schema Wirbelstrahl	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/technik/sandstrahltechnik/feinsandstrahler , letzter Zugriff: 04.10.12	162
Abb. 351: JOS Düse Standard 9 mm	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren , letzter Zugriff: 10.10.12	162
Abb. 352: Trockeisstrahlgerät	http://www.logismarket.at/alfred-kaercher/trockeneisstrahlgeraet/1898120188-1740096003-p.html , letzter Zugriff: 10.10.12	163
Abb. 353: Trockeneis-Pellets 3 mm	http://www.enotech.de/de/trockeneisverkauf/trockeneis-formen.htm , letzter Zugriff: 10.10.12	163
Abb. 354: CO ₂ -Schneestrahlen	http://www.strahlverfahren.de/de/schneestrahlen/technologie.html , letzter Zugriff: 14.10.12	163
Abb. 355: Mikro-Druckstrahlgerät	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren , letzter Zugriff: 10.10.12	163
Abb. 356: Mikro-Injektorstrahlgerät	http://www.sperling-reinigungstechnik.de/content/anwendung/sandstrahlverfahren , letzter Zugriff: 10.10.12	163
Abb. 357: Torbo-Feuchtstrahlgerät 60 l	http://www.torbo.de/products/gallery.php , letzter Zugriff: 06.10.12	164
Abb. 358: Schema Standard-Düse	http://www.torbo.de/products/ts98.php , letzter Zugriff: 06.10.12	164
Abb. 359: Schema Wirbelvorsatz	http://www.torbo.de/products/ts98.php , letzter Zugriff: 06.10.12	164
Abb. 360: Tornado ACS	http://homepages.ius.edu/DSPURLOC/c121/images/EDTA.gif , letzter Zugriff: 16.10.12.	165
Abb. 362: Probefläche Villa Vehse vor Reinigung	Claudia Vollmann, 2001	175
Abb. 363: Probefläche Villa Vehse nach Reinigung	Claudia Vollmann, 2001	175
Abb. 364: Kratzputznachstellung Villa Vehse , angepasst an oberflächliche Verschmutzung	Claudia Vollmann, 2001	176
Abb. 365: Kratzputznachstellung Villa Vehse	Claudia Vollmann, 2001	176
Abb. 366: Kratzputznachstellung Villa Vehse	Claudia Vollmann, 2001	176
Abb. 367: Lessing-Loge, Kratzputz mit Mikrofeinstrahlgerät gereinigt	Marko Götz, 2007	177
Abb. 368: Lessing-Loge, Steinputz mit Mikrofeinstrahlgerät gereinigt	Marko Götz, 2007	177
Abb. 369: Lessing-Loge, Reinigung mit versch. Kompressen	Marko Götz, 2007	178

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 370: Lessing-Loge, Ostfassade, mit Hirschhornsalz gereinigte Kratzputzfläche	Marko Götz, 2007	178
Abb. 371: Lessing-Loge, Ostfassade, vor Bearbeitung	Marko Götz, 2007	178
Abb. 372: Lessing-Loge, Ostfassade, mit Pilotfläche, nach 6 Monaten	Marko Götz, 2007	178
Abb. 373: Kulturfabrik Moabit, Lehrter Str. 35, Berlin; Probeobjekt Baluster der Fassade	Annett Baack, 2011	179
Abb. 374: Probestück mit aufliegender Arbocel-Kompresse	Annett Baack, 2011	180
Abb. 375: Nachzustand, rechts Reduzierung der Verschmutzung zu erkennen	Annett Baack, 2011	180
Abb. 376: Vorzustand	Annett Baack, 2011	180
Abb. 377: Ionenaustauscherharz, Auflage abgedeckt mit Hostaphanfolie	Annett Baack, 2011	180
Abb. 378: Endzustand	Annett Baack, 2011	180
Abb. 379: Baluster Vorzustand	Annett Baack, 2011	181
Abb. 380: Nachzustand, Reinigung mit Glaspudermehl, fein	Annett Baack, 2011	181
Abb. 381: Nachzustand, Reinigung mit Granat	Annett Baack, 2011	181
Abb. 382: Titania Palast, Foto 15.01.2011	Anja Idehen, 2011	182
Abb. 383: Putzproben zur weiteren Bearbeitung	Anja Idehen, 2011	182
Abb. 384: Putzprobe mit Reinigungsversuchen n. Pietsch	Anja Idehen, 2011	182
Abb. 385: Probefelder mit den ausgewählten Lösemittelgemischen	Anja Idehen, 2011	182
Abb. 386: Ammoniumcarbonat und Kompresse mit Folienabdeckung	Anja Idehen, 2011	184
Abb. 387: Links Probefeld mit Gipskruste, rechts Probefeld mit sichtbarer Steinputzoberfläche	Anja Idehen, 2011	184
Abb. 388: Putzprobe Vorzustand	Lilli Birresborn, 2012	185
Abb. 389: Nachzustand, Reinigung mit Ionenaustauscher-Paste	Lilli Birresborn, 2012	185
Abb. 390: Testfläche mit Hirschhornsalz-Gel, Abnahme nach 1 Tag (rechts), abgetrocknetes Material nach 4 Tagen (links)	Lilli Birresborn, 2012	185
Abb. 391: Potsdam, Amundsenstr. 38, 2011	Lilli Birresborn, 2012	188
Abb. 392: Sockelputz	Lilli Birresborn, 2012	188
Abb. 393: Flächenputz	Lilli Birresborn, 2012	188
Abb. 394: Amundsenstr. 38, Putztechniken	Bettina Lietz, 2012	188
Abb. 395: Schadensbild Abwitterung	Bettina Lietz, 2012	188
Abb. 396: Schadensbild Verfärbungen	Bettina Lietz, 2012	188
Abb. 397: Berlin-Frohnau, Dinkelsbühler Steig	Bettina Lietz, 2012	189
Abb. 398: Putzschäden im Spritzwasserbereich des überstehenden Sockels	Bettina Lietz, 2012	189
Abb. 399: Schadensbild Gipskrusten mit hellen Läufern	Lilli Birresborn, 2012	189
Abb. 400: Schadensbild mikrobieller Befall	Lilli Birresborn, 2012	189
Abb. 401: genutztes Feinsandstrahlgerät, Fa. Sandmaster	http://sandmaster.exportpages.de/productdetail/1093027242_1-1.htm , letzter Zugriff 20.4.2013	190
Abb. 402: Ansicht der zu bearbeitenden Wand, Vorzustand	Bettina Lietz, 2012	190
Abb. 403: Anlegen der Testfelder	Bettina Lietz, 2012	190
Abb. 404: Endzustand einer bearbeiteten, groben Kratzputz-Wandfläche am Beispiel des Glasbruchs 100	Bettina Lietz, 2012	190
Abb. 405: Detailaufnahme der bearbeiteten Fläche	Bettina Lietz, 2012	190
Abb. 406: Reinigungsergebnisse im Vergleich (von links nach rechts)	Bettina Lietz, 2012	191
Abb. 407: Reinigungsergebnisse im Vergleich (je Felder-Paar übereinander von links nach rechts)	Bettina Lietz, 2012	191
Abb. 408-410: Reinigungsergebnisse	Bettina Lietz, 2012	193
Abb. 411: verwendetes Feinsandstrahlgerät	Bettina Lietz, 2012	194
Abb. 412: Maßnahme Feuchtreinigung	Bettina Lietz, 2012	194

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 413: Scholle 6 Vorzustand	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 414: Scholle 6 Detailaufnahme Vorzustand	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 415: Scholle 6: angetragenes wässriges-neutrales Gel	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 416: Scholle 6: Antragen des Hirschhornsalz-Gels	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 417: Scholle 6: abgetrocknetes Hirschhornsalz-Gel	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 418: Scholle 6: Abnahme des Hirschhornsalz-Gels)	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 419: Scholle 6 erstes Reinigungsergebnis (Hirschhornsalz-Gel)	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 420: Scholle 6 Endzustand (Hirschhornsalz-Gel)	Lilli Birresborn, 2012	197
Abb. 421: Scholle 9: Antragen der Hirschhornsalz-Paste	Lilli Birresborn, 2012	198
Abb. 422: Scholle 9: angetragene Hirschhornsalz-Paste	Lilli Birresborn, 2012	198
Abb. 423: Scholle 9 Vorzustand (Hirschhornsalz-Paste)	Lilli Birresborn, 2012	198
Abb. 424: Scholle 9 erstes Reinigungsergebnis (Hirschhornsalz-Paste)	Lilli Birresborn, 2012	198
Abb. 425: Scholle 9 Endzustand (Hirschhornsalz-Paste)	Lilli Birresborn, 2012	198
Abb. 426: Scholle 10: Antragen der Ionenaustauscher-Paste	Lilli Birresborn, 2012	199
Abb. 427: Scholle 10: angetragene Ionenaustauscher-Paste mit Abdeckung aus PE-Folie	Lilli Birresborn, 2012	199
Abb. 428: Scholle 10: halb durchgetrocknete Ionenaustauscher-Paste	Lilli Birresborn, 2012	199
Abb. 429: Scholle 10: durchgetrocknete Ionenaustauscher-Paste	Lilli Birresborn, 2012	199
Abb. 430: Scholle 10 Vorzustand (Ionenaustauscher-Paste)	Lilli Birresborn, 2012	199
Abb. 431: Scholle 10 Endzustand (Ionenaustauscher-Paste)	Lilli Birresborn, 2012	199
Abb. 432: Scholle 8: Antragen des ILKA Bio-Steinreinigers	Lilli Birresborn, 2012	200
Abb. 433: Scholle 8: schäumender ILKA Bio-Steinreiniger	Lilli Birresborn, 2012	200
Abb. 434: Scholle 8 Vorzustand (ILKA Bio-Steinreiniger)	Lilli Birresborn, 2012	200
Abb. 435: Scholle 8 Endzustand (ILKA Bio-Steinreiniger)	Lilli Birresborn, 2012	200
Abb. 436: Haus Waldstraße, Schöneiche bei Berlin	Lilli Birresborn, 2012	202
Abb. 438: Hirschhornsalz-Gel auf der Probefläche	Lilli Birresborn, 2012	202
Abb. 439: Hirschhornsalz-Gel –Rückstände auf Probefläche nach Reinigung	Lilli Birresborn, 2012	202
Abb. 440: abgetrocknetes Hirschhornsalz-Gel nach Abnahme mit verbleibenden Putzresten	Lilli Birresborn, 2012	202
Abb. 441: abgenommene Putzpartikel in dem abgetrockneten Material	Lilli Birresborn, 2012	202
Abb. 442: Vergleich der Ergebnisse der drei Reinigungsmethoden (von oben nach unten):	Lilli Birresborn, 2012	203
Abb. 443: Zugeschnittene HWL-Trägerplatten	Nora Pietrowski, 2011	210
Abb. 444: Vorbereitete Platten mit Unterputz	Nora Pietrowski, 2011	210
Abb. 445: Rückstellproben	Nora Pietrowski, 2011	210
Abb. 446: Probepplatten und Rückstellproben	Nora Pietrowski, 2011	210
Abb. 447: Proben Huf 10, Huf 11, Huf 12 (Paster-Behrens Str.) und Huf 18 (Stavenhagener Str.)	Nora Pietrowski, 2011	212
Abb. 448: Probepplatten B1 und B2 mit typischer Madenstruktur in noch frischem Zustand	Nora Pietrowski, 2011	212
Abb. 449: Probepplatten B1-B10, von oben links nach unten rechts	Nora Pietrowski, 2011	212
Abb. 450: Proben Huf 03 (Jochen-Nüßler-Str. 19), Huf 08 und Huf 13 (Paster-Behrens Str.) und Huf 16 (Talberger Str. EFH).	Nora Pietrowski, 2011	213
Abb. 451: Probepplatten R1-R10, von oben links nach unten rechts	Nora Pietrowski, 2011	213
Abb. 452: Proben Huf 19 (Stavenhagener Str. 4), Huf 15 (Paster-Behrens Str.) und Huf 21 (Jochen-Nüßler-Str. 21)	Nora Pietrowski, 2011	213
Abb. 453: Probepplatten G1-G10, von oben links nach unten rechts	Nora Pietrowski, 2011	213
Abb. 454: Probepplatten B1-B10, R1-R10 und G1-G10, von links unten nach rechts oben	Nora Pietrowski, 2011	213
Abb. 455: Probepplatten mit Rahmung	Anke Hirsch, 2011	214

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 456: Probeplatten mit Unterputz	Anke Hirsch, 2011	214
Abb. 457: Ermittlung des Farbtons für den Ergänzungsmörtel;Beprobung auf kleineren Probeplatten; Edelkratzputz Wohnhaus Potsdam und Hufeisensiedlung	Anke Hirsch, 2011	214
Abb. 458: Herstellen einer Probeplatte mit einer Handputzleier	Anke Hirsch, 2011	214
Abb. 459: Kratzputzwerkzeug	Anke Hirsch, 2011	214
Abb. 460: Beispiele für an der FH Potsdam zur Verfügung stehenden Sande	Anke Hirsch, 2011	215
Abb. 461: Beispiele für die bei der Nachstellung verwendeten Sande mit nachgestellter Sieblinie	Anke Hirsch, 2011	215
Abb. 462: Detailaufnahme des historischen Edelputzes mit Spritzbewurf	Bettina Lietz, 2011	216
Abb. 463: Probeflächen mit Werk trockenmörteln	Bettina Lietz, 2011	216
Abb. 464: Anfertigen der Baustellenmischung	Bettina Lietz, 2011	217
Abb. 465: Anpassen des Putzes an die originale Farbigkeit, 2010	Anke Hirsch, 2011	217
Abb. 466: Herstellung des Putzes mit Spritzbewurf	Anke Hirsch, 2011	217
Abb. 467: Probeflächen mit Baustellenmischung	Anke Hirsch, 2011	217
Abb. 468: Handwerkliche Nachstellung mit Werk trockenmörtel, Ausführung Ende 2010	Bettina Lietz, 2011	217
Abb. 469: Wohnhaus Potsdam, Scheibenputzfläche	Anke Hirsch, 2011	218
Abb. 470: Wohnhaus Potsdam, Kratzputzfläche, links im Bild nachgestellter Edelputz, rechts Originalputz in situ	Anke Hirsch, 2011	218
Abb. 471: Wohnhaus Potsdam, gelber Faschenputz (Scheibenputz), rechts Kratzputz in situ	Anke Hirsch, 2011	218
Abb. 472: Buddhistisches Haus/ Gartenhaus, links und oben im Bild Originalputz in situ, rechts nachgestellter Edelputz	Anke Hirsch, 2011	219
Abb. 473: Liebermann-Villa / Gärtnerhaus: links im Bild Originalputz in situ, rechts bei Sanierung 2002 nachgestellter Edelputz in situ	Anke Hirsch, 2011	220
Abb. 474: Liebermann-Villa, Detailansicht mit Ausbesserung (2002) des Fassadenputzes	Anke Hirsch, 2011	220
Abb. 475: Liebermann-Villa, links im Bild nachgestellter Edelputz auf Probeplatte, rechts im Bild Originalputz in situ	Anke Hirsch, 2011	220
Abb. 476: Wohnhaus Schöneiche, links im Bild nachgestellter Edelputz auf Probeplatte, rechts Originalputz in situ	Anke Hirsch, 2011	221
Abb. 477: Wohnhaus Wilhelmshorst, links im Bild nachgestellter Edelputz auf Probeplatte, rechts Originalputz in situ	Anke Hirsch, 2011	222
Abb. 478: Grundriss Pergamonmuseum	Bettina Lietz, 2010	226
Abb. 479: Natursteinverkleidung an Nordfassade Nordflügel-Kopfbau	Bettina Lietz, 2010	227
Abb. 480: Detail Südfassade NF	Bettina Lietz, 2010	227
Abb. 481: Steinputzfassade mit Fugenschnitt an Nordfassade Nord	Bettina Lietz, 2010	227
Abb. 482: Detail Nordfassade NF	Bettina Lietz, 2010	227
Abb. 483: Auszug aus der Putzphasenkartierung	Anja Idehen, 2010	228
Abb. 484: In den 1980er Jahren erneuerter Steinputz Ostfassade Mittelbau Nord	Bettina Lietz, 2010	228
Abb. 485: In den 1980er Jahren erneuerter Steinputz Ostfassade Mittelbau Nord	Bettina Lietz, 2010	228
Abb. 486: Steinputz Nordfassade Mittelbau Nord	Bettina Lietz, 2010	229
Abb. 488: Steinputz Nordfassade Pergamonmuseum	Bettina Lietz, 2010	229
Abb. 489: historische Aufnahme der Nordfassade mit sichtbaren Kriegsschäden (o.J.)	Historische Aufnahme o.J., Zentralarchiv der Staatl. Museen zu Berlin	230
Abb. 490: starke Zerstörung an der Kannelurenmauerung Pilaster 14, 2010	Bettina Lietz, 2010	230
Abb. 491: Auszug aus der Schadbildkartierung	Anja Idehen, 2010	230
Abb. 492: Steinputz Nordfassade Nordflügel, kriegsbedingte Schäden: Ausbrüche, rötlich-braune Verfärbungen (evtl. durch Brand hervorgerufen)	Bettina Lietz, 2010	232
Abb. 493: Steinputz Nordfassade Mittelbau Nord, kriegsbedingte Substanzverluste	Bettina Lietz, 2010	232
Abb. 494: Steinputz Nordfassade Mittelbau Nord, Craquelée	Bettina Lietz, 2010	232

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 495: Steinputz Nordfassade Nordflügel Triglyphenfries, links Auswaschungen und aktuell erneuerter Bereich	Bettina Lietz, 2010	233
Abb. 497: Steinputz Nordfassade Nordflügel Pilasterreihe, Auswaschungen mit hell hervortretenden Kalksteinzuschlägen, oben Krustenbildung erkennbar. Unten im Bild konstruktionsbedingter Riss mit Hohllage	Bettina Lietz, 2010	233
Abb. 498: Probe PMu 08, Querschnitt; unten Unterputz, oben Oberputz mit deutlich ockerfarben oxidierter Schicht	Anja Idehen, 2010	234
Abb. 499: Steinputzoberfläche mit sichtbarer Körnung, zum richtigen Zeitpunkt durchgeführte OF-Bearbeitung	Bettina Lietz, 2010	235
Abb. 500: Körnung an der Steinputzoberfläche durch Zementhaut kaum sichtbar, zu späte OF-Bearbeitung,	Bettina Lietz, 2010	235
Abb. 501: Unterer Bereich der Kanneluren an der Pilasterbasis	Bettina Lietz, 2010	235
Abb. 502: Detail der Quaderung mit Scheinfugen	Bettina Lietz, 2010	235
Abb. 503: Detail der Kanneluren eines Pilasters im oberen Bildbereich: Scheinfuge; im mittleren Bildbereich: Tagwerksgrenze	Bettina Lietz, 2010	235
Abb. 504: Detail eines Metopen des Triglyphenfrieses - Imitation einer Natursteinaderung	Bettina Lietz, 2010	235
Abb. 505: Musterreinigung im Strahlverfahren mit Aluminiumsilikat 0,04-0,09 mm, 4 bar, 10cm Abstand	Bettina Lietz, 2010	236
Abb. 506: Musterreinigung im Strahlverfahren mit Aluminiumsilikat 0,2-0,5 mm, 6 bar, 10cm Abstand	Bettina Lietz, 2010	236
Abb. 507: exemplarische Zusammenfassung der verwendeten Steinputzphasen an der Nordfassade PMu	Bettina Lietz, 2010	237
Abb. 508: Ergänzungsputz Typ B (Metope) und Typ A (Triglyphe)	Bettina Lietz, 2010	238
Abb. 509: Typ A mit hellen feinen und großen dunklen Zuschlägen	Bettina Lietz, 2010	238
Abb. 510: Oben bauzeitlicher Putz, unten Typ B mit hellen feinen Zuschlägen	Bettina Lietz, 2010	238
Abb. 511: links bauzeitlicher Putz, rechts Typ C mit hellen feinen Zuschlägen; Bindemittel etwas dunkler als bei Typ B	Bettina Lietz, 2010	238
Abb. 512: Unterputz für den Steinputzergänzungsmörtel Typ C	Bettina Lietz, 2010	239
Abb. 513: Mitarbeiter der Firma K.Rogge bei der Begradigung der Putzkanten des Typs C an den Triglyphen	Bettina Lietz, 2010	239
Abb. 514: Schleifen der Steinputzoberfläche mittels Winkelschleifgerät, Sanierungsarbeiten 2009/2010	Bettina Lietz, 2010	239
Abb. 515: Feinschliff mit Schleifsteinen, Sanierungsarbeiten 2009/2010.	Bettina Lietz, 2010	239
Abb. 516: Oberflächenbearbeitung, Nachstellung der Natursteintextur im Ergänzungsputz Typ C	Bettina Lietz, 2010	240
Abb. 517: Triglyphenfries nach Abschluss der Arbeiten 2010.	Bettina Lietz, 2010	240
Abb. 518: Absäuerung Ergänzungsputz Typ B	Bettina Lietz, 2010	240
Abb. 519: Druckfestigkeiten der reinen Klinkerphasen bis zum Alter von 360 Tagen	http://www.vdz-online.de , Kompendium Zement Beton, 2012	241
Abb. 520: Portlandzement (links) und Hochofenzement (rechts).	Anja Idehen, 2011	242
Abb. 521: ungünstige Korngrößenverteilung (links), bessere Korngrößenverteilung (rechts)	Anja Idehen, 2011	244
Abb. 522: Dolomitsteinbruch Ostrau	Anja Idehen, 2011	244
Abb. 523: feinere Dolomitmörnung der „Ostrauer Kalkwerke GmbH“ 0-0,09mm Kalksteinmehl, 0,1-2mm Kalkbrechsand, 0,1-4mm Dolomitgrieß (von rechts nach links).	Anja Idehen, 2011	244
Abb. 524: grobe Dolomitmörnung der „Ostrauer Kalkwerke GmbH“ 2-5mm Dolomitsplitt.	Anja Idehen, 2011	245
Abb. 525: grobe Dolomitmörnung der „DüKa Düngerkalkgesellschaft mbH“ 2-5mm Dolomitsplitt.	Anja Idehen, 2011	245
Abb. 526: Probekörper der Probemischungen PMu PrMi 22, 25 und 26.	Anja Idehen, 2011	246
Abb. 527: Biegezugfestigkeit-Pigmentzugabe-Diagramm.	Anja Idehen, 2011	246
Abb. 528: Pigmentanreicherung, erste Probereihe, PrMi PMU 02 DO.	Anja Idehen, 2011	247
Abb. 529: Mischen der versch. Korngrößen	Anja Idehen, 2011	248

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 530: geschliffene Erstproben	Anja Idehen, 2011	248
Abb. 531: Probenreihe BMZ 1:4, Erstprobenmischungen PMU 01DO bis PMU04DO im Uhrzeigers., beginnend u.l.	Anja Idehen, 2011	249
Abb. 532: Probenreihe BMZ 1:5, Erstprobenmischungen PMU05DO bis PMU08DO im Uhrzeigersinn, beginnend u.l.	Anja Idehen, 2011	249
Abb. 533: Erstproben PMU 04 DO–favorisierte Korngrößenverteilung Typ D.	Anja Idehen, 2011	249
Abb. 534: Dolomitsplitt aus Ostrau (links) und Dolomitsplitt aus Barbingen	Anja Idehen, 2011	250
Abb. 535: Trockenes Vormengen der Mörtelmischung aus Splitt, Bindemittel und Pigment.	Anja Idehen, 2011	250
Abb. 536: Steinputzprobemischungen auf mobilen Putzträgern (Ziegeln). Zusammensetzung analog der an die Wand aufgetragenen Mörtel.	Anja Idehen, 2011	250
Abb. 537: Applikation des Steinputzes PMUDR01 WAND auf der aufgerauten Oberfläche des Zement-Unterputzes	Bettina Lietz, 2011	251
Abb. 538: Steinputzprobemischungen PMU DR 01 WAND, PMU DO 02 WAND, PMU DR 03 WAND und PMU DO 04 WAND, nach einem Tag, entgegen Uhrzeigersinn, beginnend oben rechts.	Bettina Lietz, 2011	251
Abb. 539: Steinputzprobemischungen wie auf Abb. vor; nach Abschleifen der Oberfläche.	Anja Idehen, 2011	251
Abb. 540: Zweitproben auf mobilen Putzträgern: hellere linke Seite mittels Winkelschleifer grob geschliffen, dunklere rechte Seite mittels Schleifstein poliert. Links: DO 02 WAND und DO 04 WAND mit sächsischen Dolomitsplitt; rechts: DR 01 WAND und DR 03 WAND Steinputze mit bayrischen Dolomitsplitt.	Anja Idehen, 2011	251
Abb. 541: Korngrößenverteilung der Korntypmischungen A, B und C dargestellt als Sieblinien	Anja Idehen, 2011	252
Abb. 542: Rohr für die Herstellung der Probelörper, Ø 5 cm	Anja Idehen, 2011	253
Abb. 543: Rohrabschnitte, gefüllt mit Steinputz-Probemischungen	Anja Idehen, 2011	253
Abb. 544: Zerteilen der Prüfkörper in einzelne Abschnitte	Anja Idehen, 2011	253
Abb. 545: Kontrolle der Höhe der Probekörper. Höhe = 0,5cm.	Anja Idehen, 2011	253
Abb. 546: Probekörper nach dem Entfernen der Kunststoffringe	Anja Idehen, 2011	253
Abb. 547: Bohrkerne des bauzeitlichen Steinputzes.	Anja Idehen, 2011	253
Abb. 548: je 1 zylindrischer Prüfkörper aus 24 Steinputzergänzungsmörtelmischungen	Anja Idehen, 2011	256
Abb. 549: Ermittelte Werte der offenen Porosität des Bestandputzes und der Probemischungen mit dem BMZ-Verhältnis von 1:2,5	Anja Idehen, 2011	257
Abb. 550: biaxiale Biegezugfestigkeit, Steinputz 1924/25 im Vergleich mit Probemischungen PMU PrMi 01 – PMU PrMi 24.	Anja Idehen, 2011	258
Abb. 551: Ermittelte Biegezugfestigkeit, von Bestandputz und Probemischungen mit dem B/Z-Verhältnis 1:2,5	Anja Idehen, 2011	258
Abb. 552: Ermittelte dynamischer E-Modul von Bestandputz und Probemischungen mit dem B/Z-Verhältnis 1:2,5	Anja Idehen, 2011	258
Abb. 553: Optischer Vergleich der Steinputzmörtelprobe PrMi 01 (zylindrischer Probekörper) mit Fragment des Bestandputzes (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	260
Abb. 554: Optischer Vergleich des Bestandputzes (links - Bohrkern mit frischer Oberfläche mittels Schnitt durch den Oberputz) mit dem Steinputzmörtelprobe PrMi 01 (rechts).	Anja Idehen, 2011	260
Abb. 555: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 02 mit Fragment Bestandputz (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	260
Abb. 556: Bestandputz (links)und Steinputzmörtelprobe PrMi 02 (rechts)	Anja Idehen, 2011	260
Abb. 557: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 03 mit Fragment Bestandputz (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	260
Abb. 558: Bestandputz (links)und Steinputzmörtelprobe PrMi 03 (rechts)	Anja Idehen, 2011	260
Abb. 559: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 04 mit Fragment Bestandputz (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	261
Abb. 560: Bestandputz (links)und Steinputzmörtelprobe PrMi 04 (rechts)	Anja Idehen, 2011	261
Abb. 561: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 05 mit Fragment Bestandputz (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	261
Abb. 562: Bestandputz (links)und Steinputzmörtelprobe PrMi 05 (rechts)	Anja Idehen, 2011	261

Abbildung	Autor	Seite
Abb. 563: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 06 mit Fragment Bestandsputz (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	261
Abb. 564: Bestandsputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 06 (rechts)	Anja Idehen, 2011	261
Abb. 565: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 03 mit Fragment Bestandsputz (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	262
Abb. 566: Bestandsputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 03 (Portlandzement) (rechts)	Anja Idehen, 2011	262
Abb. 567: Vergleich Steinputzmörtelprobe PrMi 04 mit Fragment Bestandsputz (bewitterte Oberfläche).	Anja Idehen, 2011	262
Abb. 568: Bestandsputz (links) und Steinputzmörtelprobe PrMi 04 (Hochofenzement und deshalb Bindemittelanteil etwas heller, rechts)	Anja Idehen, 2011	262
Abb. 569: Schematische Darstellung der Erhärtung von Zementen bei verschiedenen w/z-Werten	www.vdz-online.de, Kompendium Zementbeton 1-4_Hydratation.pdf, letzter Aufruf April 2013, S. 129.	262

Grafiken:

Grafik	Autor	Seite
Grafik 1: Putztechniken für die Oberflächengestaltung von Edel- und Steinputzen	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	14
Grafik 2: Schadensursachen	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	63
Grafik 3: Zustand der Objekte aus den Terranova- Referenzlisten	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	96
Grafik 4: Allgemeine Entwicklung der Verkaufszahlen für Terranova Wien von 1928 bis 1952	TERRANOVA (1953)	96
Grafik 5: Im Objektkatalog vertretende Putztechniken	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	96
Grafik 6: Statistik der von Terranova Wien zwischen 1947 bis 1952 verkauften Putzarten	TERRANOVA (1953)	96
Grafik 7: Regionale Verteilung der Terranova- Objekte	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	97
Grafik 8: Regionale Verteilung der Terranova- Objekte unter Berücksichtigung des Erhaltungszustands	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	98

Tabellen:

Tabelle	Autor	Seite
Tabelle 1: Korngrößen nach Normblattentwurf DIN E 1179-1928	Bettina Lietz, 2013	51
Tabelle 2: Materialverbrauch für 1 m ³ Mörtel: 1,1 bis 1,2 m ³ Sand	Bettina Lietz, 2013, nach HASAK (1925)	52
Tabelle 3: Zusammensetzung von Edelputzen und Terrasit	Bettina Lietz, 2013, nach HASAK (1925)	52
Tabelle 4: Zusammensetzung von Putzmörteln	Bettina Lietz, 2013 nach SIEDLER (1932), S. 91.	53
Tabelle 5: Baustoffmengen für Putzmörtel / m ² ; Bedarf in Litern	Bettina Lietz, 2013 nach HOFFMANN (1929), S. 67, 93.	53
Tabelle 6: Baustoffmengen für Terranovaputzmörtel – Ergiebigkeit je 50kg-Sack	Bettina Lietz, 2013 nach HOFFMANN (1929), S. 67.	53
Tabelle 7: Baustoffmengen für Terrasitputzmörtel – Ergiebigkeit je 50kg-Sack	Bettina Lietz, 2013 nach HOFFMANN (1929), S. 67.	54
Tabelle 8: Mischungen für Kalk- und Zementputze nach Winkler	Bettina Lietz, 2013 nach WINKLER (1949) S. 34.	55
Tabelle 9: Beurteilung von Sanden verschiedener Kornzusammenstellungen für Mörtel nach MPA TH Stuttgart	Bettina Lietz, 2013 nach LADE/WINKLER (1952) S. 14.	55
Tabelle 10: Rezepturen für Putzmörtel mit Zement und Kalk.	Bettina Lietz, 2013 nach LADE/WINKLER (1952) S. 29-33.	56
Tabelle 11: Rezepturen für Putzmörtel mit Zement und Kalk.	Bettina Lietz, 2013 nach LADE/WINKLER (1952) S. 29-33 und 110.	57
Tabelle 12: Rezepturen für Putzmörtel mit Zement und Kalk	Bettina Lietz, 2013 nach LADE/WINKLER (1952) S. 29-33.	58

Tabelle	Autor	Seite
Tabelle 13: Bedarf an Bindemittel und Sand für 1m ³ Kalkmörtel, hier angegeben mit Kalkteig (Sumpfkalk).	Bettina Lietz, 2013 nach KOHL/BASTIAN (1953-1), S. 47.	58
Tabelle 14: Materialbedarf unter Berücksichtigung der Schüttdichten der verschiedenen Kalke	Bettina Lietz, 2013 nach KOHL/BASTIAN (1953-1), S. 48.	59
Tabelle 15: Mörtelmischungen für Rapp- und Pinselputze: Mörtelbedarf/m ² Putzfläche in Litern	Bettina Lietz, 2013 nach MARTINS/SCHILLER (1952), S. 238.	59
Tabelle 16: Materialbedarf für 1m ³ gebrauchsfertigen Putzmörtel (in kg)	Bettina Lietz, 2013 nach SCHÖNBURG (1991), S. 109.	59
Tabelle 17: Putzmörtel mit Zement und Kalk nach DIN 18550-2; Mischungsverhältnisse, Angaben in Raumteilen	Bettina Lietz, 2013 nach DIN 18550-2	60
Tabelle 18: Materialbedarf für Mörtelstoff für 1000 l Mörtel	Bettina Lietz, 2013 nach KACZMARCZYK/KUHR (2008), S. 233.	60
Tabelle 19: Richtwerte für die Umrechnung von Raumteilen in Masseteile	Bettina Lietz, 2013 nach DETTMERING (2012), S. 73.	60
Tabelle 20: Übersicht Mischungsverhältnisse für Putzmörtel (Angaben in Klammern rein rechnerisch)	Bettina Lietz, 2013	61
Tabelle 21: Übersicht erprobte Werk trockenmörtel	Bettina Lietz, 2013	83
Tabelle 22: Übersicht Baustellenmischungen Steinputz	Bettina Lietz, 2013	83
Tabelle 23: Rezepturen Baustellenmischungen Steinputz	Anja Idehen, 2012	87
Tabelle 24: Analytierte Putzproben – Kurzliste Teil 1	Bettina Lietz, 2013	102
Tabelle 25: Analytierte Putzproben – Kurzliste Teil 2	Bettina Lietz, 2013	103
Tabelle 25: Analytierte Putzproben – Kurzliste Teil 2	Bettina Lietz, 2013	103
Tabelle 26: Analytierte Proben Hufeisenviertel	Bettina Lietz, 2013	107
Tabelle 27: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	Bettina Lietz, 2013	111
Tabelle 28: Übersicht Untersuchungsergebnisse Proben Kissingenviertel	Bettina Lietz, 2013	118
Tabelle 29: Zusammenfassung der Putzanalysen Edelputze – Teil 1	Bettina Lietz, 2013	153
Tabelle 30: Zusammenfassung der Putzanalysen Edelputze – Teil 2	Bettina Lietz, 2013	154
Tabelle 31: Zusammenfassung der bei Putzanalysen ermittelten Edelputz-Rezepte – Teil 1	Bettina Lietz, 2013	155
Tabelle 32: Zusammenfassung der bei Putzanalysen ermittelten Edelputz-Rezepte – Teil 2	Bettina Lietz, 2013	156
Tabelle 33: systematische Reinigungsversuche mit Lösemitteln	Anja Idehen Lietz, 2010	183
Tabelle 34: Übersicht Strahlgüter	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	187
Tabelle 35: Auswahl der Strahlgüter	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	187
Tabelle 36: Strukturierung der Datentabelle Hinterfüllmaterialien	Dörte Poerschke, Lilli Birresborn, 2012	187
Tabelle 37: Korngrößenverteilung/Korntypen der Erstproben.	Anja Idehen, 2011	248
Tabelle 38: Korngrößenverteilung/Korntypen der Zweitproben.	Anja Idehen, 2011	250
Tabelle 39: Korngrößenverteilung/Korntypen der Probemischungen für zylindrische Probekörper.	Anja Idehen, 2011	252
Tabelle 40: Rezepturen der Zweitproben der ersten Probenreihe, Pergamonmuseum	Anja Idehen, 2011	253
Tabelle 41: Rezepturen der 24 Steinputzergänzungsmörtelmischungen (PMU PrMi 01 bis 15) für die zylindrischen Prüfkörper	Anja Idehen, 2011	254
Tabelle 42: Rezepturen der 24 Steinputzergänzungsmörtelmischungen (PMU PrMi 16 bis 24) für die zylindrischen Prüfkörper	Anja Idehen, 2011	254
Tabelle 43: Auswertung der Probemischungen hinsichtlich der Anforderungen im WTA-Merkblatt „Kunststeinrestaurierung“	Anja Idehen, 2011	259