

Schadenursachen ermitteln mit mineralogischen Verfahren

Methoden und Anwendungsbeispiele

1. Warum Mineralogie?

Bei Schadenfällen an Gebäuden werden häufig Material- bzw. Ausbauproben entnommen, um aus deren labortechnischer Untersuchung Hinweise auf die Schadenursache(n) oder aber auch auf die Konformität der beprobten Bauteile oder Materialien zu erhalten.

Für die Untersuchung derartiger Proben steht eine Vielzahl an Methoden zur Verfügung. Der mit der Problemstellung befasste Handwerker oder Sachverständige steht daher zunächst vor der Entscheidung, welche Methoden – je nach Fragestellung – sinnvoll sind und wie der Analysenumfang gewählt werden muss, um auch zu den „richtigen“ Erkenntnissen in Bezug auf die Problemstellung zu gelangen. Hierzu sind Vorkenntnisse über Art und Aussagekraft der verschiedenen Prüfmethoden erforderlich.

Allgemein bekannt sind die „normativen“ Prüfmethoden, wie z. B. Bestimmung von Druck- oder Zugfestigkeit, Rohdichte, Schichtdicken, Feuchtegehalt, Wasseraufnahme etc., d. h. physikalisch-mechanische Prüfmethoden.

In vielen Fällen kann mit diesen Methoden jedoch die Schadenursache nicht ermittelt bzw. die gegebene Fragestellung nicht beantwortet werden, oder sind diese Methoden nicht anwendbar, weil die gewinnbaren Ausbauproben nicht den normativen Vorgaben entsprechen.

In vielen Fällen kann eine Bestimmung der chemisch-mineralogischen Materialeigenschaften zielführend sein.

Die Mineralogie beschäftigt sich mit der Entstehung und den Eigenschaften von Mineralen. Minerale sind die überwiegend anorganischen Bausteine der Gesteine, sie sind durch eine charakteristische chemische Zusammensetzung und eine bestimmte geometrische Kristallstruktur gekennzeichnet.¹

Die im Bauwesen verwendeten anorganischen Bindemittel und Zuschlä-

ge, wie z. B. Zement, Kalk, Gips oder Gesteinskörnungen sind Minerale. Sie reagieren miteinander zu künstlichen Gesteinen, wie z. B. Beton oder Putz. Auch organische Baustoffe, wie z. B. organisch gebundene Putze oder Dachbahnen, enthalten anorganische Bestandteile.

Daher lassen sich die Eigenschaften unterschiedlichster Baustoffe, z. B. hinsichtlich Zusammensetzung und Struktur, mit mineralogischen Verfahren untersuchen.

2. Methoden und Geräte

Nachfolgend sollen die für die Untersuchung von Baustoffen bzw. Ausbauproben wichtigsten mineralogischen Methoden kurz vorgestellt werden:

2.1 Lichtmikroskopie

Die Lichtmikroskopie (Abkürzung LM) erzeugt mit Hilfe eines Lichtmikroskopes stark vergrößerte optische Bilder von Objekten oder kleinen Strukturen.

Bei Baustoffen wird i. Allg. die sog. Auflichtmikroskopie angewendet, wobei entweder die Proben im Originalzustand betrachtet werden oder daraus Anschlif-



Es schreibt für Sie:
Dr. Kerrin Lessel
Mitglied im
Internationalen
Sachverständigenkreis
Ausbau und Fassade ISK

Pfandlerstr. 27 · 4820 Bad Ischl · Österreich
Mobil: +43 (0) 664 2856804
Telefon: +43 (0) 6132 26547
E-Mail: labor@dr-lessel.at

fe hergestellt werden. Diese Methode eignet sich z. B. zur Bestimmung von Schichtdicken bei Farben oder Dünnbeschichtungen. Die Lichtmikroskopie wird von den Baustoffanalytikern auch häufig eingesetzt, um einen „ersten Eindruck“ von einer Probe zu gewinnen.

Aufgrund der Grobkörnigkeit und damit verbundenen Unebenheiten der meisten Baustoffe sind diesem Verfahren jedoch Grenzen gesetzt.

Alternativ können Proben in Epoxidharz eingegossen und Schlitze (z. B. Dünnschliffe) hergestellt werden, deren Untersuchung mittels höher auflösender Lichtmikroskopie (z. B. Polarisationsmi-



Abb. 1: Einfaches Auflichtmikroskop mit großem vertikalen und horizontalen Verstellbereich zur Betrachtung großer Proben, wie es in der Baustoffanalytik eingesetzt wird.



Probe			Prüfergebnisse – Konzentration [M %]							
Nr.	Bezeichnung/Charakteristika	Foto	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃
A	Ausbauprobe Anhydrit-Fließestrich, BVH Wiener Neustadt		35,6	1,3	1,3	208	0,01	0,04	0,5	28,1
B	Ausbauprobe Anhydrit-Fließestrich, BVH Wien		33,9	0,6	1,0	204	0,01	0,1	0,4	29,2
C	Anhydrit-Bindemittelcompound, Rückstellprobe der Firma Widner		34,0	0	0,4	0,1	0	0	0,06	51,0
D	Anhydrit-Bindemittelcompound, Rückstellprobe der Firma Casea		34,4	0	0,5	0,3	0	0	0,1	51,1

Abb. 2: RFA-Analyse von unterschiedlichen Proben Anhydrit-Fließestrich. Prüfergebnis ist die Konzentration der chemischen Elemente, ausgedrückt als Oxide.

kroskopie, Durchlichtmikroskopie) eine höhere Auflösung inkl. Bestimmung verschiedener Mineralphasen ermöglicht.

2.2 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA/XRF)

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA, XRF), auch Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFS) genannt, ist eine Methode zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der chemischen Elementzusammensetzung einer Probe.

Hierbei wird durch entsprechende Probenteilung aus einer (gemahlene) größeren Probe eine kleinere Materialmenge (einige Gramm) gewonnen und zu Pulver- oder Schmelztabletten verarbeitet. Diese Tablette wird im Analysegerät mit Röntgenstrahlung beaufschlagt, durch die energetische Anregung kommt es zur Emission von sog. Fluoreszenzenergie, welche für jedes einzelne chemische Element charakteristisch ist. Eine entsprechende

Kalibrierung vorausgesetzt, kann auch die Menge des chemischen Elementes mit hoher Genauigkeit (Nachkommastellen!) bestimmt werden.

Dementsprechend wird die RFA weit verbreitet in der Qualitätskontrolle von Baustoffherstellern verwendet. Mittels an entsprechend repräsentativen und in adäquater Menge untersuchten Proben stellen z. B. Zementwerke die konstante Zementzusammensetzung sicher oder überwachen Kalkhersteller die Reinheit des Branntkalkes.

In der Bauschadensanalytik ist diese Methode vor allem dazu geeignet, die elementare chemische Zusammensetzung von Proben zu bestimmen und die Probe dementsprechend zu charakterisieren, z. B. ob es sich um einen Gipsputz oder einen zementgebundenen Putz handelt, ob ein bestimmtes Produkt der charakteristischen Zusammensetzung eines bestimmten Herstellers entspricht etc.

Sendet man Proben an ein Prüfinstitut zur RFA-Analyse, erhält man i. Allg. eine tabellarische Auflistung der Konzentration der in der jeweiligen Probe enthaltenen chemischen Elemente, ausgedrückt als Oxide, siehe Abb.2.

2.3 Röntgendiffraktometrische Analyse (RDA/XRD)

Die Röntgendiffraktometrie (RDA / XRD) beruht darauf, dass Röntgenstrahlen am Kristallgitter eines Stoffes gebeugt werden, ebenso wie z. B. Licht. Der Reflexions- bzw. Beugungswinkel Theta ist dabei für jede kristalline Verbindung charakteristisch. Aus der Reflexion und Transmission können dementsprechend die in der Probe erhaltenen kristallinen Mineralphasen bestimmt werden.

Auch bei dieser Untersuchungsmethode wird aus einer größeren (gemahlene) Probe eine möglichst repräsentative Teilprobe von einigen Milligramm gewonnen und analysiert. Eine direkte

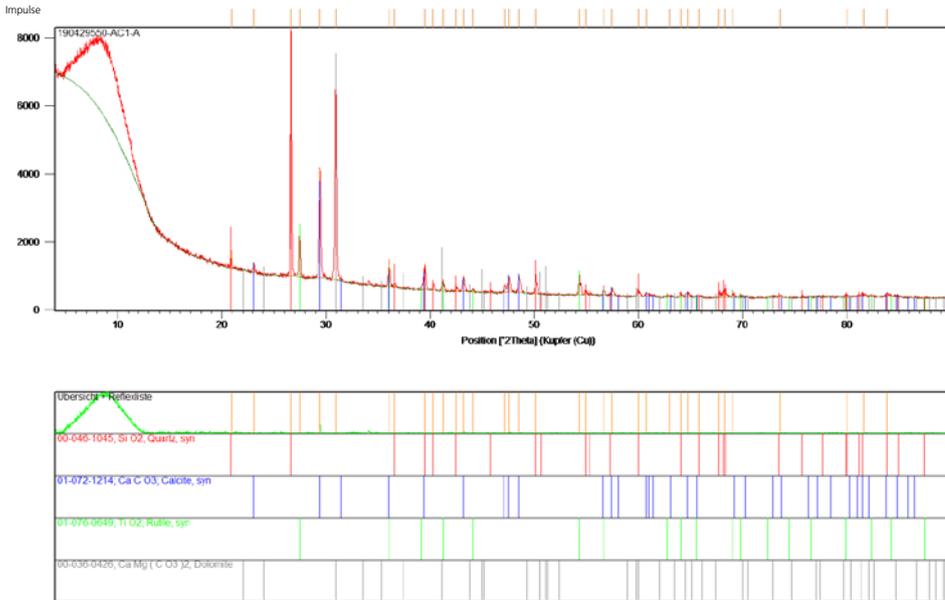


Abb. 3: 2-Theta-Diffraktogramm mit automatischer Phasenzuordnung: Orange: alle Reflexe, Rot = Quarz, Blau = Calciumcarbonat, Grün = Rutil, Grau = Dolomit.

quantitative Bestimmung der Mineralphasen ist meist nicht bzw. nur durch aufwendige Berechnungsverfahren (sog. Rietveld-Analyse) möglich. Mineralphasen sind im XRD ab einer Konzentration von ca. 3–5 M% „sichtbar“.

Sendet man Proben an ein Prüfinstitut zur XRD-Analyse, erhält man i. Allg. die sog. 2-Theta-Diffraktogramme mit der von der Auswertesoftware durchgeführten Phasenzuordnung, siehe z. B. Abb. 3.

2.4 Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit Elektronenmikrostrahlanalyse (EDX)

Bei der Rasterelektronenanalyse wird ein Elektronenstrahl in einem bestimmten

Muster über die Probenoberfläche geführt, d. h. die Probe wird „gerastert“. Die Wechselwirkungen der Elektronen mit dem Objekt werden zur Erzeugung einer Bilddarstellung genutzt.

Diese Untersuchung wird an sehr kleinen Proben (Probengröße 2–3 mm) durchgeführt. Die Proben werden meist durch Kohlenstoff-Bedampfung leitfähig gemacht, die Messung selbst findet im Hochvakuum statt.

Das bedeutet, dass mit dem REM sehr kleine Strukturen, einzelne Kristalle, im Nanometerbereich aufgelöst werden können. Zusätzlich kann durch die Verwendung des Elektronenstrahls auch noch eine punktuelle Röntgenfluores-

zenanalyse (EDX) durchgeführt werden, d. h. man erhält neben der „bildlichen Darstellung“ einer kristallinen Struktur auch deren elementare Zusammensetzung, siehe Abb. 4.

Zu berücksichtigen ist bei der Anwendung der Rasterelektronenmikroskopie, dass die Untersuchung relativ aufwendig ist und nur sehr kleine Teilbereiche der Proben abgebildet werden können. Auch können die Schwarz-weiß-Bilder i. Allg. nur von entsprechend erfahrenen Fachleuten interpretiert werden.

Diese Methode eignet sich daher vor allem zur Bearbeitung sehr spezieller Fragestellungen.

2.5 Thermoanalytische Methoden

Bei den thermoanalytischen Methoden wird eine Probe erhitzt und bestimmte Materialeigenschaften, wie z. B. der Masseverlust (Thermogravimetrie) oder das Ausdehnungs- bzw. Schrumpfungsverhalten (Dilatometrie), aufgezeichnet.

Derartige Methoden eignen sich vor allem, um das Verhalten von Ausbauproben relativ zu Referenzproben beurteilen zu können.

So wird z. B. die Thermogravimetrie häufig zur Materialidentifizierung bzw. zur Bestimmung der Anteile organischer Zusatzmittel, wie z. B. Gehalt an Dispersionsmittel in Klebepackelprodukten, verwendet.

3. Schadenbeispiele

Nachfolgend soll der Einsatz der vorgestellten Methoden an konkreten Schadenfällen beispielhaft erläutert werden:

3.1 Farbabplatzungen nach Renovierung einer WDVS-Fassade – Ursachenfeststellung mit Auflichtmikroskopie

Ein älteres Einfamilienhaus wurde im Jahr 2010 im Zuge einer thermischen Sanierung mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) versehen. Das WDVS besteht aus: EPS-F-Fassadendämmplatten, armiertem mineralischem Unterputz und organisch gebundenem Oberputz, Farbe aquamarinblau. Da der Oberputz bei ungeeigneten Witterungsbedingungen aufgetragen worden war, reklamierte

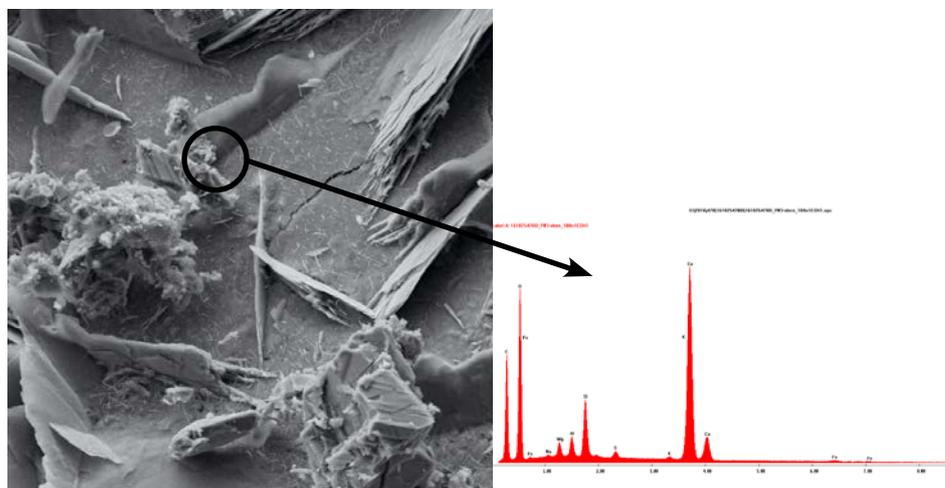


Abb. 4: links: REM-Bild, rechts: Elementzusammensetzung (EDX) des markierten Kristalls



Abb. 5: Mit graublauer Farbe überarbeitete WDVS-Fassade



Abb. 6: Craquelee-Risse in der neu aufgetragenen Färbelung

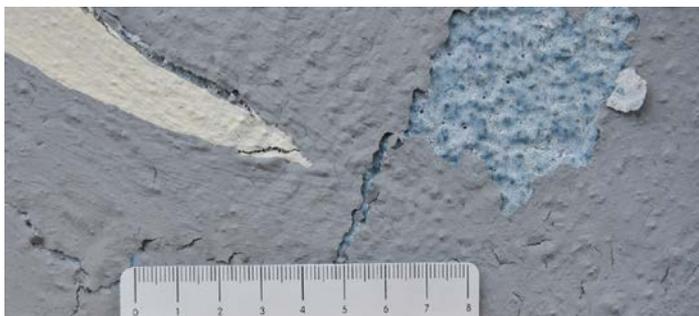


Abb. 7: Lokal Farbabplatzungen, unter der neuen graublauen Farbe kommt die Grundierung sowie die aquamarinblaue Farbe zum Vorschein

die Bauherrschaft alsbald „Schlieren“/ Kalkausblühungen. Infolge wurde die Fassade im Jahr 2012 mit Sperrgrund und einer Silikonharzfarbe, ebenfalls aquamarinblau, überarbeitet.

In 2015 änderte sich der Gestaltungswunsch der Bauherrschaft; die Fassade wurde grundiert und mit einer graublauen Silikonharzfarbe gefärbelt (Abb. 5).

Bald nach Fertigstellung zeigten sich craqueleartige Risse an der Farbbeschichtung sowie lokal Abplatzungen der neu aufgetragenen Farbe (Abb. 6 + 7).

Zur Feststellung der Ursache(n) der Farbabplatzungen wurden Proben des Putzsystems inkl. Farbbeschichtungen entnommen, im Labor Anschliffe angefertigt und diese mittels Auflichtmikroskopie analysiert, siehe Abb. 8 und 9.

Die Untersuchung ergab, dass Ablösungen/Hohllagen im Kontaktbereich zwischen der im Jahr 2015 neu aufgetragenen Grundierung und der Bestandsfarbe aus dem Jahr 2012 vorhanden waren. Zudem waren beide Farbbeschichtungen jeweils nur einmal in

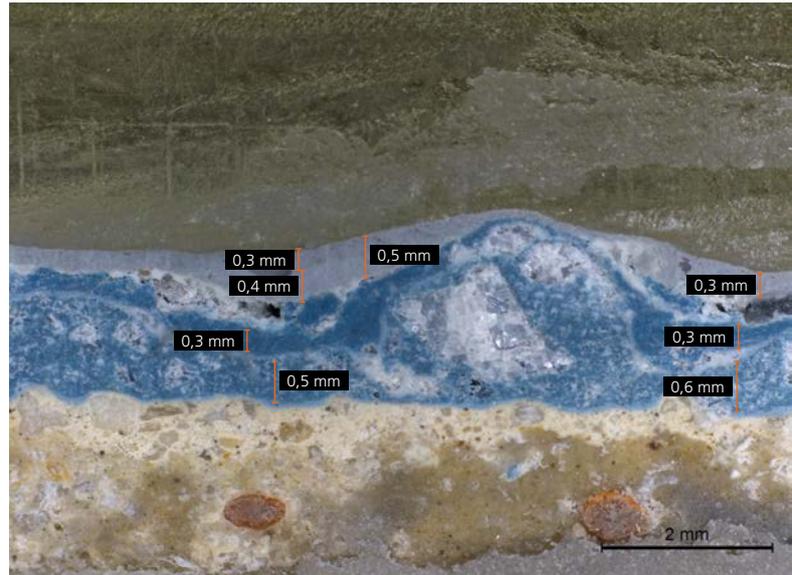


Abb. 8: Anschliff in Auflicht-LM, Probenbeschreibung von unten nach oben: Unterputz mit Textilglasgitter, Oberputz aquamarinblau aus 2010, Grundierung aus 2012, aquamarinblaue Farbe aus 2012, Grundierung aus 2015, graublauere Farbe aus 2015, Einbettungsmittel; schwarze Bereiche = Hohlräume

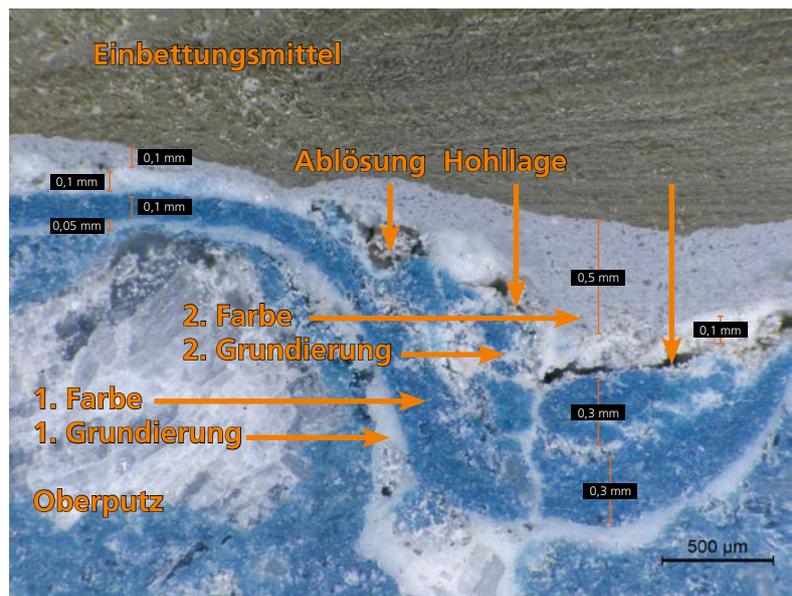


Abb. 9: Detail aus Abb. 8 mit Bezeichnung der einzelnen Beschichtungen und Schichtdickenmessung.

zu hohen Schichtstärken von bis zu 0,5 mm appliziert worden, was zu erhöhten Spannungen führte, siehe Abb. 9.

Eine Recherche zu den verwendeten Produkten ergab zudem, dass die vom Maler im Jahr 2015 verwendete Grundierung für nichtsaugende Untergründe (vorherige Überarbeitung des Putzes mit Silikonharzfarbe!) ungeeignet war. Dementsprechend kam es zu Ablösungen im Kontaktbereich zwischen Bestands-Silikonharzfarbe und neuer Grundierung.



Abb. 10: Frisch renoviertes Hallenbad



Abb. 12: Großflächige Hohllagen des Innenputzes



Abb. 11: Zustand nach vollflächigem Abbruch des Fliesenbelages

3.2 Hohllagen von Fliesenbelägen in einem Schwimmbad – Ursachenfeststellung durch Bestimmung der chemischen Zusammensetzung des Putzes (RFA)

Im Zuge des Umbaus und der Renovierung eines Schwimmbades wurden die Wände neu verputzt und anschließend raumhoch verflieset.

Einige Zeit nach der Renovierung kam es zu Aufwölbungen der Fliesenbeläge und Abplatzungen der Fliesen, z. T. mit Putz, z. T. ohne Putz.

Eine Analyse von Putzproben von verschiedenen Schadenbereichen ergab, dass vom Verputzer an Stelle des ausgeschriebenen Zementputzes vollflächig ein sog. Hybridputz (Gips-Kalk-Zementputz) verwendet worden war. Analytisch wurde ein Gipsanteil von ca. 23 M% festgestellt, d. h. es handelte sich um einen gipsgebundenen Innenputz, der

für die vorliegende Feuchtigkeitsbeanspruchung nicht geeignet war.

Es war ein vollflächiger Abbruch des Innenputzes mitsamt Fliesenbelag und die anschließende Neuherstellung erforderlich!

3.3 Farbabplatzungen von Gipsleichtputz – Ursachenermittlung mit Rasterelektronenmikroskopie (REM)

In einem neu errichteten Einfamilienhaus wurden die Innenwände (Ziegel) mit einem Gipsleichtputz verputzt. Zur Erzielung einer ausreichend glatten Oberfläche wurde der Putz anschließend gespachtelt. Auf diese Oberflächen wurde eine Mineralfarbe aufgetragen

Die Bauherren, junge Eltern, gestalteten Teilflächen in den Kinderzimmern anschließend selbst farbig, wobei sie Dispersionsfarben verwendeten. Kurze

Zeit später kam es zum Abplatzen der Dispersionsfarbbeschichtungen.

Es wurde zunächst ein nicht fachgerechter Farbauftrag durch die Bauherren vermutet. Genauere Prüfungen ergaben allerdings auch Hohllagen der ursprünglich vom Maler aufgetragenen Mineralfarbe.

Die Farbbeschichtung löste sich jedoch bei genauerem Hinsehen nicht von der Spachtelung, sondern die Spachtelung verblieb überwiegend an der Rückseite der abgelösten Farbe. Ein Wischtest zeigte ein deutliches Abkriechen des Wandputzes mit den anhaftenden Resten der Spachtelung. Somit konnte ein Aufbrennen der Spachtelung vermutet werden.

Um das zu beweisen, wurden 2 Proben der Mineralfarbe mit anhaftender Spachtelung entnommen und die Trennflächen rasterelektronenmikroskopisch untersucht.

Diese Untersuchung ergab an der Rückseite der abgelösten Spachtelung eine schichtförmige Anordnung von Kaliumsulfatkristallen. Kaliumsulfat ist als Bestandteil eines Zusatzmittels (Abbindebeschleuniger) in der gegenständlichen Spachtelmasse enthalten und hätte eigentlich mit dem Anmachwasser und in Folge mit dem Gips der Spachtelmasse reagieren sollen.

Offensichtlich war nicht ausreichend Wasserangebot vorhanden, so dass die



Abb. 13: Großflächige Abplatzungen der Dispersionsfarbe



Abb. 14: Ein Wischtest ergibt ein Abkreiden der Wandspachtelung / des Putzes.

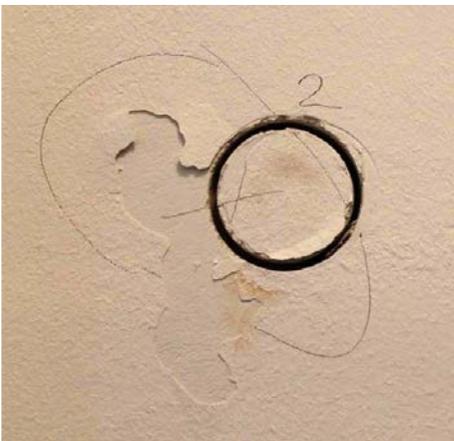
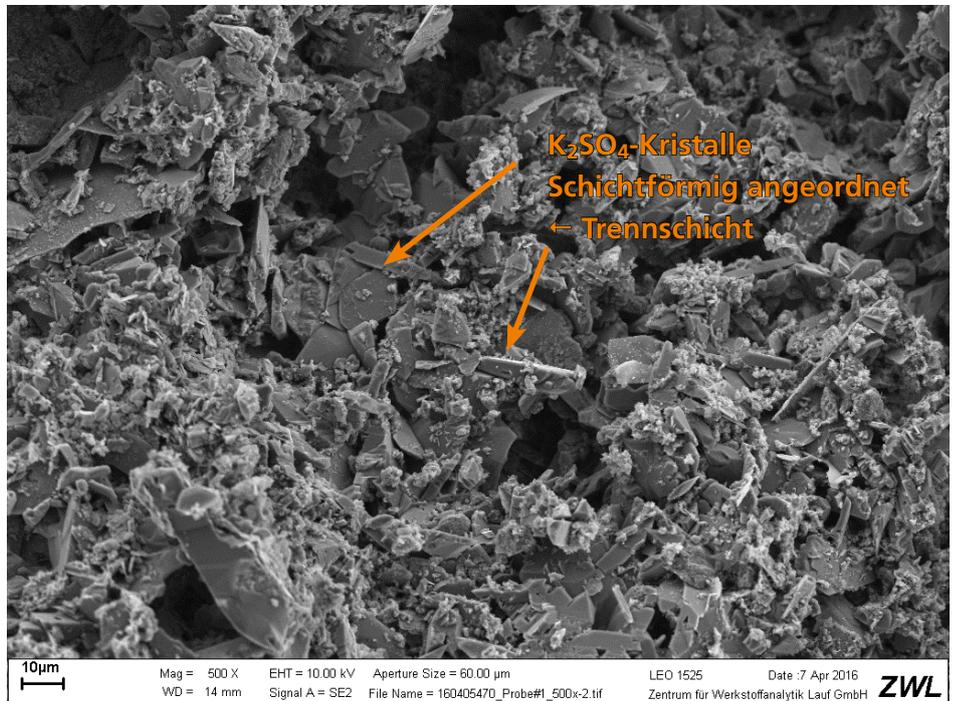


Abb. 15: Probenahme im Bereich schlecht haftender Wandfarbe bzw. Spachtelung

Abb. 16: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Ablösungsfläche der Spachtelung mit schichtförmig angeordneten plättchenförmigen Kaliumsulfat-Kristallen und nur schwach ausgebildeter Gipskristallisation.



Kaliumsulfatkristalle stattdessen eine Trennschicht ausgebildet haben.

Ursache der „Farbabplatzungen“ war somit das Aufbrennen der Spachtelung auf dem stark saugenden Gipsleichtputz.

3.4 Schäden an Kunststoff-Dachbahnen – Ursachenerhebung mittels Lichtmikroskopie, Chemischer Untersuchungen (FTIR-Spektroskopie), Röntgendiffraktometrie (XRD) und Rasterelektronenmikroskopie (REM)

An der Dachabdichtung eines Einkaufszentrums aus thermoplastischen Kunststoffbahnen wurden mehrere Undichtigkeiten in Form von Löchern festgestellt.

Die Dachbahn erschien in der Umgebung der Löcher augenscheinlich sowie bei Betrachtung mittels Lichtmikroskopie ungewöhnlich stark versprödet:

An der Dachbahn-Rückseite wurden Reste der darunter befindlichen Mineralwolle-Dämmung vorgefunden, welche Anzeichen von Hitzeeinwirkung/Schmelzen der Mineralwolle aufwiesen:

Mineralwolle schmilzt bei hohen Temperaturen > +700 °C. Dementsprechend wurde zunächst eine Verursachung der Löcher durch eine Firma vermutet, welche Montagearbeiten an der Haustechnik durchgeführt hat, wobei mit einem Trennschleifer und einem Heißluftschweißgerät gearbeitet worden

war. Auch eine vorzeitige Versprödung / Alterung aufgrund eines Produktmangels wurde erwogen.

Aufgrund der Komplexität der Problemstellung wurden sowohl chemische Untersuchungen mittels Infrarotspektroskopie (FTIR) als auch mineralogische Untersuchungen mittels XRD und REM an den Dachbahnenproben durchgeführt.

Die chemische Untersuchung ergab, dass in der Nähe der Schadstellen / Löcher eine starke Oxidation des Dachbahnmaterials vorlag, was wiederum auf eine (kurzzeitige) starke Hitzeeinwirkung hinwies.

Diese Untersuchungsergebnisse wurden durch die XRD bestätigt: im Vergleich



Abb. 17: Kunststoffdachbahnprobe mit lochförmiger Beschädigung.



Abb. 18: Starke „Runzelbildung“/Versprödung der Kunststoffdachbahnprobe nahe der lochförmigen Beschädigung.



Abb. 19: Rissbildung in der oberen Lage der Kunststoffdachbahnprobe nahe der lochförmigen Beschädigung, LM 10fache Vergrößerung

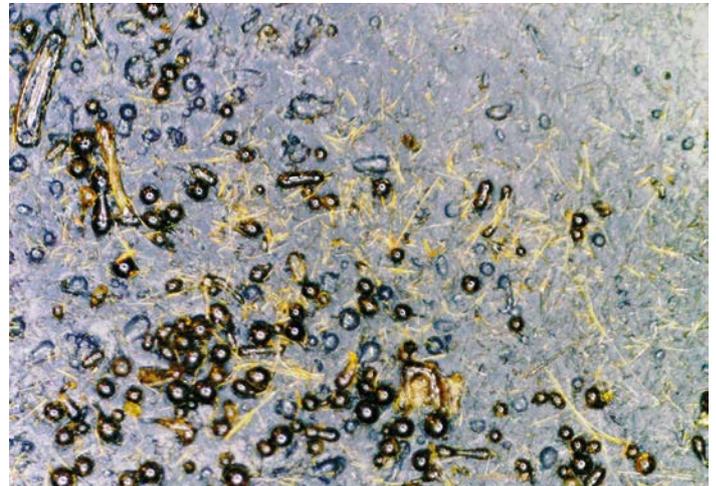


Abb. 20: Rückseite der Kunststoff-Dachbahn mit anhaftender MW-Dämmung inkl. Schmelzperlenbildung, LM 10fache Vergrößerung

zu einer unbeschädigten Referenzprobe war insbesondere der Gehalt an Flammschutzmittel in der Nähe der Beschädigung stark vermindert, siehe FB 21.

Die Rasterelektronenmikroskopie ergab schließlich, dass die Löcher/Beschädigungen mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Blitzeinschläge verursacht worden waren, da für Blitzeinschläge charakteristische Strukturen in den schadhaften Kunststoffdachbahnen entdeckt wurden.

3.5 Gipsputzabsturz von Ortbetonwänden – RFA, Polarisationsmikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie versus Auflichtmikroskopie und einfache Anwendungsversuche

Allerdings ist die Anwendung komplexer wissenschaftlicher Methoden nicht

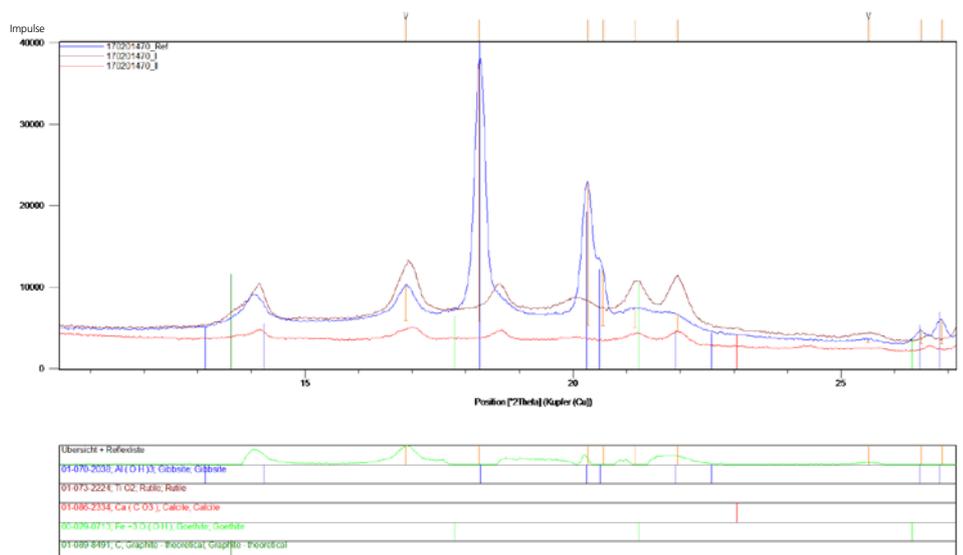


Abb. 21: Röntgendiffraktometrie einer unbeschädigten Referenzprobe (blau) im Vergleich zu 2 schadhaften Proben (rot und grau): insbesondere der Peak des Flammschutzmittels in Bildmitte (2-Theta – Position 18,3 °) ist bei den schadhaften Proben stark vermindert.

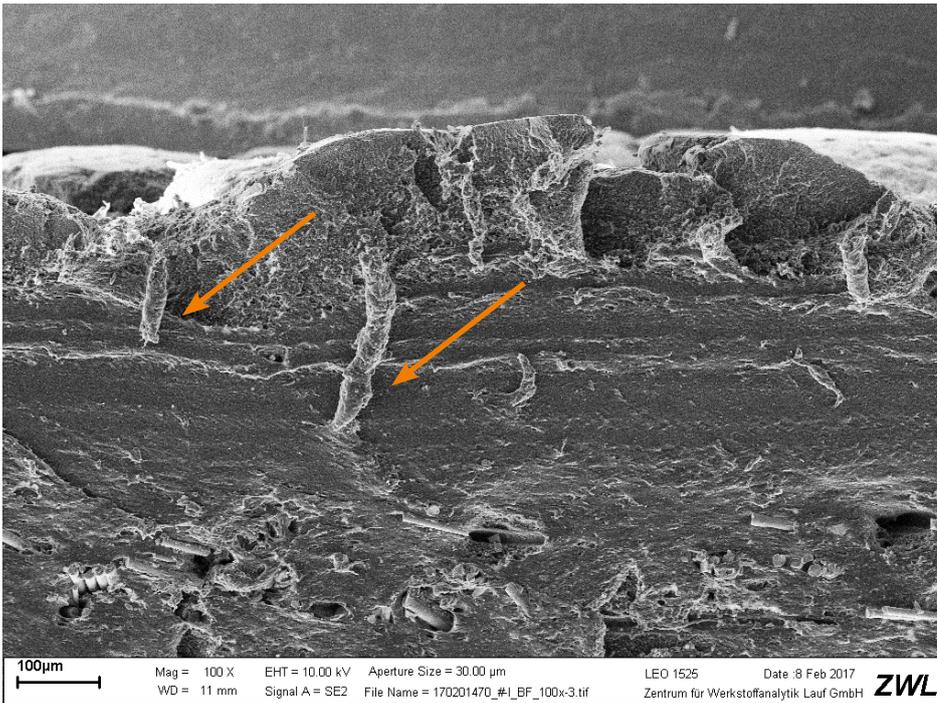


Abb. 22: „Fulgurite“ – röhrenartige Strukturen, die durch kurzzeitige hohe Temperaturbeanspruchung entstehen und typisch für Blitzeinschläge sind.

immer zielführend – manchmal ist die Anwendung des „handwerklichen Sachverständigen“ erfolgreicher, wie nachstehendes Beispiel zeigt.

Im Jahr 1999 wurde ein öffentliches

Gebäude überwiegend in Ortbetonbauweise errichtet. Im März 2000 wurden die Innenputzarbeiten durchgeführt, wobei an den Wänden ein Kalk-Gips-Putz und die vom Putzhersteller empfohlene



Abb. 23: Gips-Wandputzabsturz von Ortbetonwand, rote Grundierung sowohl an der Wand als auch an der Rückseite der abgestürzten Putzteile.

Putzhaftgrundierung aufgetragen wurde.

Während der Grundierungsarbeiten wurde das BVH vom Außendienstmitarbeiter des Putzherstellers besichtigt. Dieser fand, dass die Grundierung nicht ausreichend „satt“ aufgetragen war und empfahl einen nochmaligen Grundierungsauftrag, der auch ausgeführt wurde.

Im Jahr 2007/2008 wurden großflächige Putzabplatzungen festgestellt. Das Schadensbild ließ vermuten, dass die Putzhohllagen schon länger bestanden, jedoch zuvor aufgrund vorgestellter Schränke und Regale nicht bemerkt worden waren.

Charakteristischerweise wiesen sowohl die Rückseiten der abgelösten Putzteile als auch die Wände an der Trennfläche Reste der roten Betongrundierung auf. Dieser Tatsache wurde jedoch anfänglich nicht ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt!

Die Saugfähigkeit des Ortbetons wurde durch Beaufschlagung mit Wassertropfen qualitativ überprüft und war gut. Die Putzscherben erschienen fest und wiesen augenscheinlich keine Abweichungen vom „Normalzustand“ auf, allerdings war der Putz relativ dick aufgetragen worden (ca. 20–25 mm).

Die Materialzusammensetzung des Gipsputzes und des Betons wurde zunächst mit RFA untersucht und ergab keine Abweichungen von üblicherweise für derartige Baustoffe zu erwartenden Zusammensetzungen (Tab.1).

Um einen Materialfehler oder Verarbeitungsfehler am Innenputz oder am Ortbeton zu verifizieren, wurden zunächst Schiffe des Putzes und des Betons hergestellt und mittels Polarisationsmikroskopie untersucht.

Nunmehr wurde zunächst ein Mangel am Ortbeton vermutet, der evtl. zu einer „Treibsalzbildung“ aufgrund der Anreicherung von chemischen Elementen (wie z. B. Kalium) im Kontaktbereich Beton-Gipsputz geführt haben könnte.

Probe	CaO [M%]	MgO [M%]	Al ₂ O ₃ [M%]	SiO ₂ [M%]	Fe ₂ O ₃ [M%]	SO ₃ [M%]
Gipsputz	33,3±0,3	1,9±0,1	4,1±0,06	1,1±0,004	0,24±0,002	21,8±0,36
Beton	26,5±0,5	1,3±0,1	16,6±4,9	11,6±1	1,26±0,44	0,63±0,175

Tab. 1: Zusammensetzung von Gipsputz und Beton, Durchschnitt aus 5 Proben

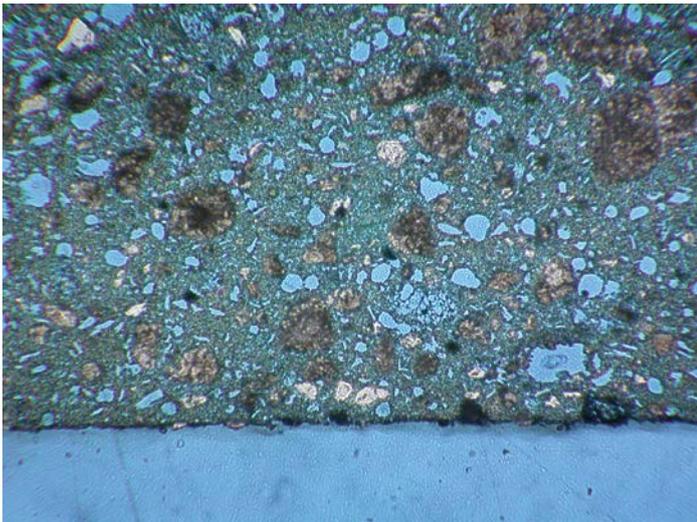


Abb. 24: Schliff: Gipsputz mit geschlossener Grundierungsschicht. Gleichmäßige Porenstruktur (Poren blau eingefärbt), Kalksteinzuschlag (braun), Bildbreite 5 mm

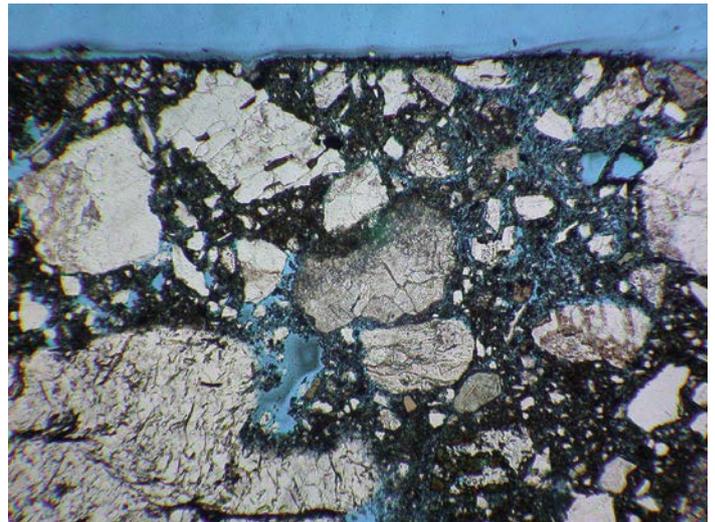


Abb. 25: Schliff: Beton mit geschlossener Grundierungsschicht. Charakteristisch gröbere Porenstruktur (Poren blau eingefärbt), Kalksteinzuschlag (hell), Bildbreite 2,5 mm

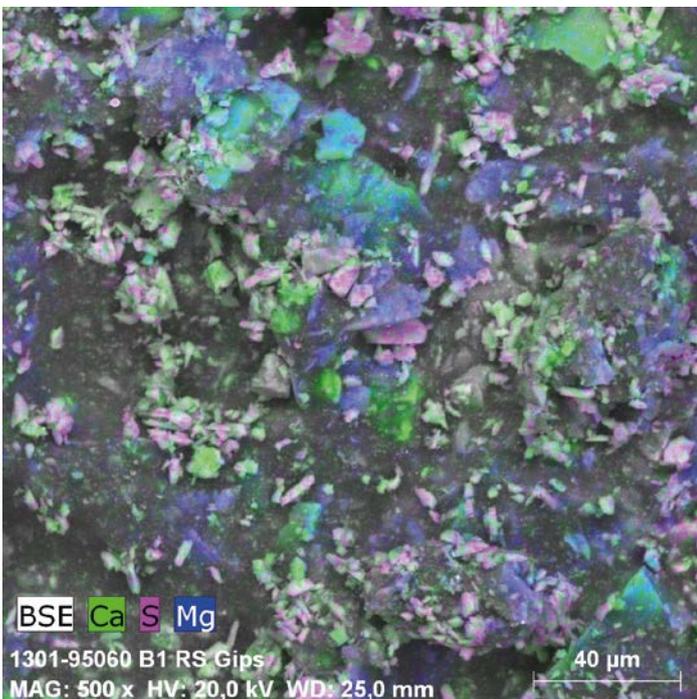


Abb. 26: Gipsputz-Ablösungsfläche im REM mit farbiger markierter Elementzusammensetzung

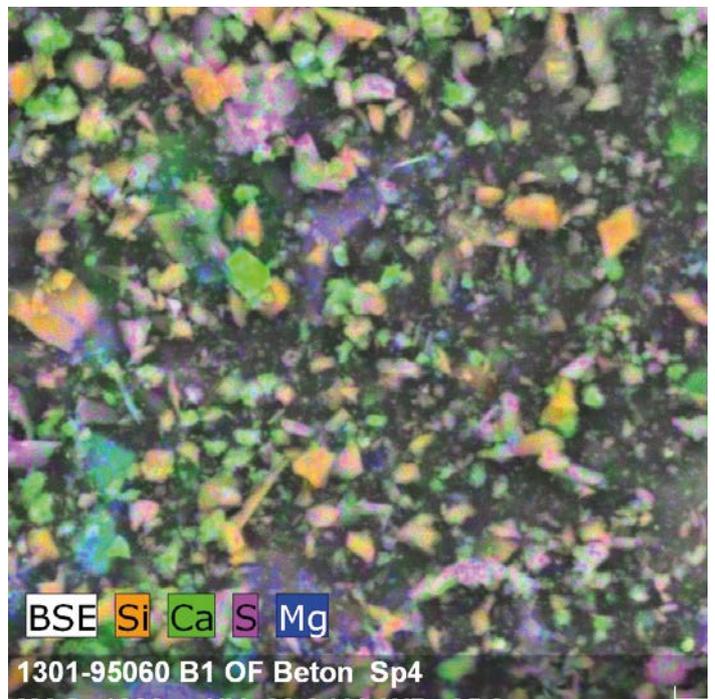


Abb. 27: Beton-Ablösungsfläche im REM mit farbiger markierter Elementzusammensetzung

Derartige Phänomene können z. B. mittels Rasterelektronenmikroskopie und gleichzeitiger Elementanalyse festgestellt werden.

Diese Untersuchung ergab jedoch weder an der Rückseite der abgelösten Gipsputzscherven noch an der Betonoberfläche Hinweise auf die Ursache der Putzablösungen.

Obwohl die mineralogischen Untersuchungen keinen Beitrag zur Ursache der Putzablösungen geliefert haben, konnten jedoch nunmehr im Ausschlussverfahren

Mängel am Beton und am Gipsputz ausgeschlossen werden.

Somit wandte sich die Aufmerksamkeit der Sachverständigen der Putzhaftgrundierung (organisch) zu. Es war bereits zuvor erhoben worden, dass diese Grundierung zweimal – und in Folge relativ dick – aufgetragen worden war. Außerdem haftete sie – eher ungewöhnlich bei Gipsputzablösungen – sowohl am Beton als auch an der Rückseite der abgestürzten Putzteile.

Mittels Lichtmikroskopie wurden

zudem lokal „fadenartige“ bzw. „gummiartige“ Strukturen der Beschichtung im Ablösungsbereich entdeckt.

Da alle diese Grundierungen wasserlöslich sind, sich jedoch bei Feuchtigkeitsbeaufschlagung erfahrungsgemäß² nach sehr unterschiedlichen Zeiten „auflösen“, wurde zur qualitativen Überprüfung der Hydrolysebeständigkeit des verwendeten Putzhaftgrundes nachstehender Anwendungstest ausgeführt:

Die auf einem Betonstück haftende, relativ „satt“ aufgetragene Grundie-



Abb. 28: Beton-Ablösungsfläche mit anhaftender, „satt“ aufgetragener Putzhaftgrundierung



Abb. 29: Gipsputz-Ablösungsfläche im Lichtmikroskop (10-fache Vergrößerung) mit fadenartigem Trennbild der Grundierung



Abb. 30: Putzhaftgrundierung auf Beton nach Beaufschlagung mit einem Wassersprühnebel – exemplarische Aufnahme; bereits ca. 10 min nach Beaufschlagung mit Wasser ließ sich die verwendete schadenkausale Grundierung händisch abreiben.

Grundierung wurde per Blumensprüher mit destilliertem Wasser beaufschlagt, nach einer Wartezeit wurde die Haftung der Grundierung am Beton durch Reiben mit den Fingern überprüft.

Es wurde festgestellt, dass die verwendete Grundierung nicht ausreichend hydrolysebeständig war – sie ließ sich ca. 10 min nach Beaufschlagung mit Wasser händisch mit geringem Kraftaufwand vom Beton ablösen.

Somit konnte schließlich die Schadenursache doch noch festgestellt werden: die obere Schicht der 2lagig aufgetragenen Grundierung wurde durch das

Anmachwasser des Gipsputzes, welcher selbst relativ dick war, d. h. nur langsam trocknen konnte, wieder „aufgeweicht“. In Folge kam es bereits kurz nach der Fertigstellung des Innenputzes, vermutlich während des Abbindens, zu Ablösungen der oberen von der unteren Grundierungsschicht und folglich auch zur Ablösung des Innenputzes vom Beton.

4. Fazit

Die beschriebenen und beispielhaft vorgestellten mineralogischen Untersuchungsmethoden erlauben weitreichende Einblicke in die Zusammensetzung

und Struktur von Baustoffproben.

Allerdings sind die Ergebnisse und deren Aussagekraft im Hinblick auf die gegebene Problemstellung ohne die Interpretation/Hilfestellung durch einen Baustoffanalytiker bzw. Fachperson mit entsprechenden mineralogischen Kenntnissen als „Dolmetscher“ für den Handwerker bzw. praktisch arbeitenden Sachverständigen kaum brauchbar.

Weiterhin ist es u. U. erforderlich, die oben beschriebenen Methoden durch die Anwendung weiterer z. B. chemischer Untersuchungsmethoden zu ergänzen, wozu wiederum spezielle Fachkenntnisse erforderlich sind.

Die Ergebnisse der Laboranalytik können außerdem immer nur in der Kombination mit den sachverständig zu erhebenden Umständen/Problemlagen am Bauvorhaben, z. B. genaue Beschreibung des Schadens, verbaute Materialien/Produkte, Art der Verarbeitung, Witterungsbedingungen bei der Herstellung, Ort und Umstände der Probenahme, „richtige“ Probenahme, zielführende Fragestellung an den Analytiker etc. sinnvolle Aussagen liefern.

Der Autorin sind mehrere Schadenfälle bekannt, bei denen es aufgrund der Beauftragung nicht zielführender Laborprüfungen oder der Fehlinterpretation der Laborergebnisse durch nicht einschlägig qualifizierte Sachverständige zu einer unrichtigen Schadenursachenzuordnung und infolge -verursacherzuordnung gekommen ist.

Der frühzeitige Kontakt und die Abstimmung zwischen Analytiklabor(en) und Handwerker/Bausachverständigem sind daher in jedem Fall zu empfehlen.

Abbildungsverzeichnis:

- Abb. 3, 4, 16, 21, 22: Zentrum für Werkstoffanalytik Lauf ZWL
- Abb. 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 29, 30: Dr. K. Lessel
- Abb. 5, 6, 7: SV Christian Lautner
- Abb. 23: SV Dieter Glaser
- Abb. 24, 25, 26, 27, 28: Prüflabor Keramik und Stein PKUS

1. Zitat Wikipedia
2. Siehe z. B. Michael Hladik, „Sind Haftbrücken sinnvoll oder eher schadenfördernd?“, Vortrag auf der Herbsttagung des baden-württembergischen Sachverständigen-Arbeitskreises im Stuckateurhandwerk, Heidenheim 25.+26.10.2019