

Heikler als man denkt

Risse und Hohllagen an zwei mit Dämmputz verputzten Fassaden

Wenn man den Begriff „Aerogel“ hört, kommt einem „High-Tech“ in den Sinn. Aber das ist noch lange nicht alles. Neben den vielen guten Eigenschaften des Materials erfordert vor allem die Verarbeitung von Aerogel-Dämmputzen eine Menge Know-how. Und ohne entsprechende Berücksichtigung, welche über das übliche Maß hinausgeht, können schnell einmal größere Mängel mit teils massiven finanziellen Folgen entstehen, wie das hier vorgestellte Beispiel zeigt.

■ Von Severin Werner und Max Kistler

Im vorliegenden Fall führte eine Kombination verschiedener, sich kumulierender Faktoren dazu, dass fertig verputzte Fassaden zweier Gebäude neu aufgebaut werden mussten. Die Applikation der Fassaden erfolgte bei unterschiedlichen Jahreszeiten.

Aber fangen wir von vorne an: Zwei ältere Gebäude sollten im Zuge einer Fassaden-sanierung gleichzeitig gedämmt werden, um die Heizkosten zu reduzieren. Nach der Applikation eines Dämmputzes an den beiden Gebäuden waren Schäden zu bemängeln. Am ersten Gebäude waren v. a. deutliche Abzeichnungen von Putzleisten

zu erkennen. Zudem zeigten sich teils großflächige Blasen (Bild 1), in welchen sich der Deck- bzw. Grundputz ablöste, was dazu führte, dass dieser mittels Dübeln gesichert werden musste. Am zweiten Gebäude war der Deckputz noch nicht aufgebracht, aber auch dort bildeten sich bereits Hohlstellen. Es stellte sich daher v. a. die Frage nach möglichen Ursachen dieser Problematik.

Schadensbild vor Ort

Bei ersten Sondierungsarbeiten zeigten sich deutliche und ausgeprägte Rissbilder im Aerogel-Dämmputz, vergleichbar mit einem ausgetrockneten, rissigen Wüstenboden (Bild 2). Der Putz mit Gewebeeinbettung hatte sich größtenteils vom Dämmputz abgelöst und lag mehr oder weniger flächendeckend hohl. Der Dämmputz selbst löste sich in teils kleineren, teils größeren Bruchstücken von bis zu 15 cm Kantenbreite ohne Aufwand vom Untergrund ab. Auf der Rückseite der Bruchstücke bildete sich die Zahntaufelstruktur ab (Bild 4), herrührend von der Applikation der Haftgrundierung auf dem Altputz.

Am zweiten Gebäude, bei dem der Deckputz noch fehlte, haftete der Dämmputz hingegen an der Gewebeeinbettung und löste sich ebenfalls ohne Weiteres von der Haftgrundierung ab. Die Applikation des Dämmputzes erfolgte beim zweiten Gebäude zu einer wärmeren Jahreszeit. Der einzige Unterschied war, dass es hier pro Flächeneinheit mehr Risse gab, diese aber dünner ausfielen.

Um das vorgefundene Bild besser einordnen zu können, erlaubte der Materiallieferant, an einer Referenzfläche ebenfalls eine Sondage auszuführen. Diese Referenzfläche wurde nach Angaben des Materiallieferanten unter Einhaltung aller Vorgaben des Technischen Merkblatts des Herstellers appliziert. Doch auch an dieser Stelle zeigten sich ausgeprägte Rissbilder im Dämmputz, wenn auch etwas schwächer ausgebildet. Die Fläche wies jedoch von allen Sondierstellen die beste Haftung zur Haftgrundierung auf. Allerdings wurde eine Besonderheit der Risse an der Referenzfläche gegenüber jenen am bemängelten Objekt deutlich. Während am bemängelten Objekt neben komplett durch den Dämmputz verlaufenden Rissen auch Risse vom bestehenden Deckputz (Altputz) bis zur Mitte des Dämmputzes erkennbar waren, verliefen die Risse an der Referenzfläche als genau umgekehrt ausgerichtete „Halbrisse“. Das heißt, neben den Rissen, welche den Dämmputz komplett tangierten, führten hier Risse von der Gewebeeinbettung her in die Mitte des Dämmputzes.

Zudem waren am Objekt wie auch an der separat begutachteten Referenzfläche innerhalb des Dämmputzes unterschiedliche Farbgebungen feststellbar. Am Gebäude 2 zeigte sich im äußeren Bereich des Dämmputzes eher eine beige Farbgebung, während der innere Bereich eher hellgrau erschien.

Ergebnisse der Laboruntersuchungen am Putz

Um die Ursachen der Risse und Putzablösungen zu finden, wurden an Bauteilöffnungen Proben genommen, welche im Labor untersucht wurden. Dazu wurden am ersten Gebäude drei zufällig gewählte, unterschiedlich exponierte Flä-

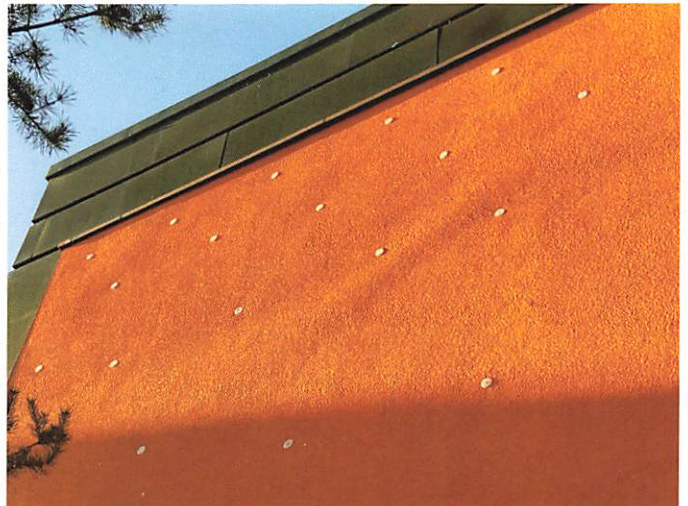


Bild: © LPM AG, Wallisellerstrasse 114, 8152 Opfikon

(1) Deutliche Putzablösungen und gut erkennbare Putzleisten durch massives Schwinden des Dämmputzes



Bilder © LPM AG, Wallisellerstrasse 114, 8152 Opfikon



(2) Ausgeprägte Schwindrissbildungen im Dämmputz unter hohl-
liegendem Deckputz

(3) Der hohl liegende Putzaufbau musste aus Sicherheitsgründen
mit Dübeln befestigt werden.

chen, beim zweiten Gebäude eine Fläche sowie an einem Referenzobjekt eine mit gleichartigem Material aufgebaute Fläche beprobt. Ergänzend wurden im Labor unterschiedliche Nachstellmischungen des Aerogel-Materials für weitere Untersuchungen hergestellt.

Die Objektproben wurden zunächst mit dem Pulverröntgenverfahren untersucht. Bei diesem Verfahren (auch Pulverdiffraktion genannt; Diffraktion latein. für „Beugung“) wird eine pulverförmige Probe anhand von Röntgenbestrahlung auf ihre Struktur bzw. Zusammensetzung untersucht. Dabei wird Röntgenstrahlung an den Gitterstrukturen

der Kristalle in der Probe gebeugt und deren Beugungswinkel detektiert. Anhand der so gemessenen Beugungswinkel kann auf die vorliegenden Kristallstrukturen geschlossen und diese teilweise auch quantifiziert werden.

Mittels der Pulverröntgenuntersuchungen konnte hier gezeigt werden, dass die Proben teils unterschiedliche Kristallphasen aufwiesen. Die Probe von der Fassade des Gebäudes 2, welche während der wärmeren Periode hergestellt wurde, wies eine höhere Kristallinität auf. Das bedeutet, dass sie bei besseren Umgebungsbedingungen erhärtet sein musste (siehe Tabelle 8).

Die unterschiedlichen Proben wurden zusätzlich mittels Rasterelektronenmikroskop (REM) und Elementaranalysen (energiedispersive Röntgenspektroskopie, EDS) untersucht. Während die Elementaranalysen keine hilfreichen Inputs ergaben, waren die visuellen Beurteilungen der REM-Bilder umso aussagekräftiger (siehe Tabelle 9).

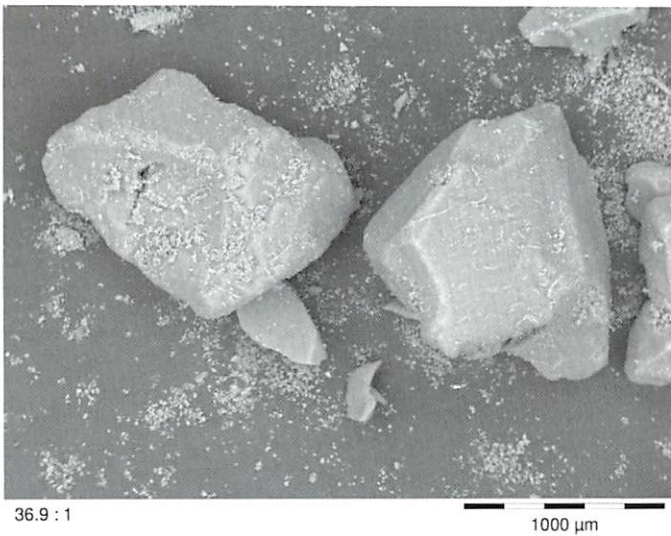
Bei allen Nachstellproben konnte die Porengröße grundsätzlich als „groß“ eingestuft werden, bei den Objektproben eher kleiner (Tabelle 9). Bei den Objektproben ließen sich grob zwei Sorten unterscheiden: einerseits die beigefarbenen



(4) Schwindrissbildungen im Dämmputz des zweiten Gebäudes:
Hier haftete der Dämmputz am Deckputz und löste sich von der Haftgrundierung.

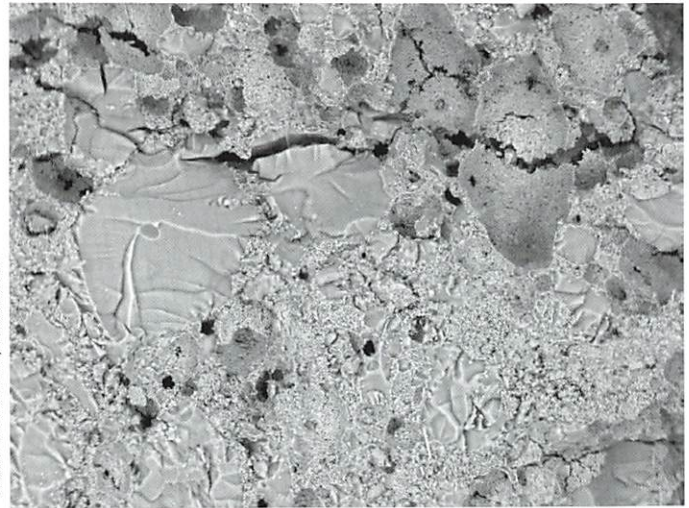


(5) Dämmputz mit Rissen, entweder ganz durchgehend oder aber
ab Altputz (Haftgrundseite) bis Mitte des Dämmputzes



36.9 : 1

1000 µm



29.8 : 1

1000 µm

Bilder: © EMOTT AG, Gockhausen

(6) REM-Aufnahme nicht verarbeiteter Aerogel-Partikel mit glatter Oberfläche

(7) REM-Aufnahme des verarbeiteten Dämmputzes mit Riss; die Aerogel-Partikel weisen hier eine eher faltige Oberflächenstruktur auf.

(mittelgroße Poren im Vergleich zu den Nachstellmustern), andererseits die grauen Bereiche (kleine Poren). Bezüglich der Anzahl der Poren war ebenfalls ein Trend erkennbar: Graue Probenbereiche hatten wenig Poren, beige Bereiche hatten mittel

bis viele Poren. Die Referenzmischungen wiesen umso mehr Poren auf, je mehr Wasser zugemischt wurde. Es war zudem erkennbar, dass die Feinstruktur mit mehr Anmachwasser eher gestört war, als die mit weniger Wasser.

Die beigefarbenen Objektprobenbereiche wiesen ein ähnliches Bild auf, wie die Nachstellproben mit viel Wasser. Die grauen Objektprobenbereiche zeigten eher Ähnlichkeiten mit den Nachstellproben mit weniger Anmachwasser; die grauen

Probe	Kristallphasen				Anmerkung
	Kalziumkarbonat	Kalziumsilikat Hydrat	Kalziumhydroxid	Kalziumsulfat (nur geringe Menge)	
Objektprobe Gebäude 1	x	x	x	x*	* aufgrund Schwefelgehalt bei EDS-Analyse
Objektprobe Referenzfläche grau/beige	x	x	x	x*	* aufgrund Schwefelgehalt bei EDS-Analyse
Objektprobe Gebäude 2 grau/beige	x	x	–	–	schmalere Signale – höhere Kristallinität – langsames Wachstum

(8) Ergebnisse der Pulverröntgenuntersuchungen zur XRD-Kristallinität

Probe	Porenzahl			Risse, Feinporen, Porosität			Porengröße			Anmerkung
	wenig	mittel	viel	wenig	mittel	viel	klein	mittel	groß	
Gebäude 1		x		x			x			
Gebäude 2 grau	x				x		x			grau
Gebäude 2 beige			x			x		x		beige
Referenzfläche grau	x			x			x			grau
Referenzfläche beige		x				x		x		beige
Dämmputz 1 13/19			x			x			x	viel Wasser
Dämmputz 1 13/15 nach Technischem Merkblatt		x			x				x	weniger Wasser

(9) Ergebnisse der visuellen Beurteilung der REM-Untersuchungen

Tabellen: © LPM AG, Wallisellerstrasse 114, 8152 Opfikon

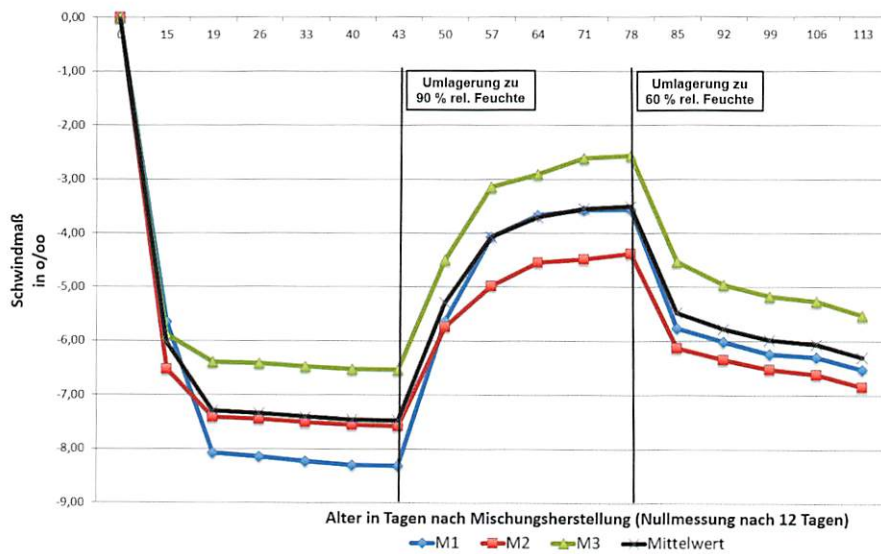


Bild: © LPM AG, Wallisellerstrasse 114, 8152 Opfikon

(10) Schwind- bzw. Quellverhalten einer Aerogel-Mischung bei Trocken-/Feucht-/Trockenlagerung

Bereiche wurden folglich eher mit weniger Wasser hergestellt. Bei den Proben vom Gebäude 1 sowie „Gebäude 2 grau“ und „Referenzfläche grau“ waren deutlich kleinere Aerogel-Partikel erkennbar als bei dem als Referenz verwendeten Grundputz-Rohmaterial.

Anhand der ausgeprägten Rissstruktur musste davon ausgegangen werden, dass vermutlich Schwindeinflüsse einen maßgebenden Faktor bei der Rissentstehung hatten. In der Folge wurde anhand von Nachstellversuchen an Rückstellmustern das Schwindverhalten verschiedener Mischungen untersucht. Dabei waren Schwindmaße von bis zu 8,3 ‰ (= 0,8 cm/m) innerhalb von 28 Tagen messbar. Bei einer ursprünglich durchschnittlichen Dicke des Dämmputzes von 60 mm war also von einer Verringerung um ca. 0,5 mm auszugehen. Diese Annahme bestätigte sich am Objekt, wo sich die Putzleisten unter dem Putz deutlich abzeichneten und dadurch sehr gut erkennbar waren.

Einfluss der Klimabedingungen auf das Schwindverhalten

Es stellte sich jedoch die Frage, weshalb dieses massive Schwinden inklusive der Risse nicht schon vor bzw. während der Applikation der Gewebeeinbettung erkannt worden war. Diese Frage ließ sich aufgrund von Wetterdaten beantworten. Wegen des geringen Bindemittelanteils im Dämmputz (Rohdichte 200 kg/m³) musste der größte Anteil des zugemischten Wassers (15 l/13 kg Trockenmaterial) durch Trocknung wieder entweichen. Gemäß Wetterdaten war es allerdings während der Applikationszeit des Dämmputzes sowie den 14 Tagen bis zur Applikation der nachfolgenden Gewebeeinbettung sehr kühl; an 14 von 24 Tagen wurde die minimale Applikationstemperatur von 5 °C unterschritten, teils war es unter 0 °C. Ebenfalls war es sehr feucht (an 18 von 24 Tagen > 80 % rel. Feuchte, nur an 2 Tagen < 75 % rel. Feuchte) und fast

windstill. Dies führte zu einer zeitlichen Verzögerung beim Austrocknen, da die den Dämmputz umgebende Luft kaum Feuchte aufnehmen konnte. Die Klimabedingungen während der Applikation erklären, weshalb es beim Gebäude 1 zu Problemen kam.

Gebäude 2 wurde indessen während einer deutlich wärmeren Periode appliziert. Daher stellte sich die Frage, weshalb dort ebenfalls Schäden entstanden. Wiederum konnten die Wetterdaten beigezogen werden. Dieses Mal war die Wetterlage jedoch genau umgekehrt – mit sehr hohen Außentemperaturen (teils > 30 °C), aber ebenfalls sehr feucht und eher windstill. Bis zur Herstellung der Gewebeeinbettung lag die rel. Feuchte im Mittel > 77 %. Das bedeutet, dass das mineralische Bindemittel anhand der Feuchte und Wärme besser aushärten konnte, was wiederum mit der festgestellten höheren Kristallinität übereinstimmte. Das Trocknungsschwinden begann jedoch auch in diesem Fall erst verzögert und nach der Applikation der Gewebeeinbettung.

Besonders interessant war jedoch, dass die Nachstellproben nach dem durch die Norm festgelegten Trocknen zur Feststellung des Schwindverhaltens bei Lagerung in der Feuchte wiederum gequollen sind (Grafik 10). Erneutes Trocknen führte dann zu einem wiederum starken Schwinden. Das führte zu der Frage, mit welchem geeigneten Baustoff sich ein Material mit diesen Schwind- und Quelleigenschaften überhaupt erfolgreich beschichten lässt, da kaum ein Putzmaterial auf solch ausgeprägte Schwind-/Quellbewegungen langfristig ausgelegt ist.

Auswirkungen auf die Druckfestigkeit

Auch die Druckfestigkeiten der Dämmputze wurden wo möglich geprüft. Im Ergebnis

Prüfkörperbezeichnung	Produkt	Mischungsdetails	Rohdichte kg/m ³	Druckfestigkeit N/mm ²
M1	Dämmputz 1	nach TM Dämmputz 1	13 kg/15 l	0,1
M2	Dämmputz 1	nicht nach TM	13 kg/19 l	0,1
Objekt	Dämmputz 1	nach TM Dämmputz 1	13 kg/15 l	0,3
Angaben TM	Dämmputz 1	nach TM Dämmputz 1	13 kg/15 l	0,8

Tabeller: © LPM AG

(11) Rohdichte und Druckfestigkeit der Prüfkörper im Vergleich zu den Daten des Technischen Merkblatts (TM)

lagen die Festigkeiten der Nachstellproben deutlich unter jenen der Objektproben. Aber auch die Objektprobe lag immer noch deutlich unter den Vorgaben des Technischen Merkblatts.

Die Ursache dafür konnte nicht eruiert werden. Dass die Rohdichten der verschiedenen Mischungen unterschiedlich waren, ist jedoch nachvollziehbar. Je mehr Anmachwasser zugegeben wurde, desto tiefer musste die Rohdichte ausfallen (Unterschied ca. 35 kg/m^3 bei 4 l unterschiedlicher Wasserzugabe). Interessanterweise unterschied sich die Rohdichte der Nachstellproben von jener der Objektprobe (Gebäude 1) aber deutlich, wobei die Objektprobe eine deutlich größere Rohdichte aufwies (250 kg/m^3), als nach Technischem Merkblatt zu erwarten gewesen wäre (200 kg/m^3). Das führte zu der Schlussfolgerung, dass gegebenenfalls auch die Applikationsart selbst einen negativen Einfluss ausübte. So weisen Aerogel-Partikel in unverarbeitetem Zustand eine relativ glatte Oberfläche auf (Bild 6), während sie verarbeitet eher etwas zerdrückt erschienen (Bild 7). Dies könnte eventuell aus dem in der Förderpumpe/Schnecke herrschenden Druck resultieren, welchem die Aerogel-Partikel ausgesetzt wurden. Ein Zusammendrücken der Partikel führt in der Folge auch zu einer erhöhten Rohdichte, was an den Objektproben messbar war. Die Daten der geprüften Spezifikationen sind in Tabelle 11 im Vergleich zu den Daten aus dem Technischen Datenblatt des Produkts „Dämmputz 1“ dargestellt.

Weitere Ursachen der festgestellten Schäden

Grundsätzlich zeigte sich, dass die im Merkblatt vorgeschriebene Gewebeeinbettung in der unteren Dämmputzschicht fehlte. Diese hätte bei Dicken $> 30 \text{ mm}$ in der unteren Schicht eingearbeitet werden müssen. Wie hoch der Einfluss der fehlenden Gewebeeinbettung auf das Rissverhalten des Putzes war, konnte mit den durchgeführten Untersuchungen jedoch nicht eruiert werden.

Die unterschiedlich gefärbten Bereiche im Dämmputz ließen sich vermutlich

auf unterschiedliche Wasserzugaben der Dämmputzmischung bei der Applikation zurückführen. Das wäre auch nachvollziehbar, denn bei einer zweischichtigen Applikation wird die untere Schicht häufig etwas dicker (trockener) angemischt, damit sie standfest genug zur Aufnahme der zweiten Schicht ist. Die zweite Schicht wird dann bevorzugt etwas flüssiger appliziert, damit sie einfacher und länger nachbearbeitet werden kann. Diese Aussage stimmt mit den Beobachtungen am Objekt und den REM-Untersuchungen überein.

Als weiterer Einflussfaktor musste die Wasserdampfdiffusion berücksichtigt werden. Laboruntersuchungen zeigten, dass die Wasserdampfdurchlässigkeit des kompletten Beschichtungsaufbaus mit 0,4 m als „mittel“ einzustufen war. Die Netzeinbettung allein wies mit 0,1 m erwartungsgemäß einen niedrigeren Dampfdiffusionswiderstand auf, als der gesamte Systemaufbau inklusive Deckputz und Anstrich. Ein Einfluss auf den Wasserhaushalt beim Austrocknen konnte daher nicht ausgeschlossen werden. Das Austrocknen war nach der Applikation der Netzeinbettung bzw. des Deckputzes aufgrund der reduzierten Dampfdiffusion des Putzaufbaus (s_d -Wert ca. 0,4 m) behindert, was dazu führte, dass das weitere Schwinden langsamer ablief und die Putzabscherungen/-hohllagen erst mit der Zeit auftraten.

Fazit aus dem beschriebenen Schadensfall

Aerogel-Dämmputz ist ganz klar ein High-Tech-Material, das aber auch hohe Anforderungen an die verarbeitenden Unternehmer stellt – zumindest, wenn man den Dämmputz frisch angemischt verarbeitet und nicht als bereits fertig ausgehärtetes Produkt wie z. B. in Form von Platten verwendet. Im vorliegenden Fall ist anzumerken, dass die Materialkomponenten im Systemaufbau wohl nicht ideal aufeinander abgestimmt waren. Das vorgefundene, massive Schwindverhalten des Aerogel-Dämmputzes bei den vorherrschenden klimatischen Bedingungen entspricht nicht den üblichen Erfahrungs-

werten anderer Baustoffe, was ohne entsprechende Berücksichtigung zu großen Bauschäden führen dürfte. ■

Zur Person

Die Untersuchungen wurden durch Severin Werner, Bauschadenexperte bei der LPM AG, in enger Zusammenarbeit mit Max Kistler, Kistler Bauexpert GmbH ausgeführt.

Eidg. dipl. Chemiker FH Severin Werner

vor der Ausbildung zum Chemieingenieur Ausbildung zum Chemielaborant bei der SIKA AG, Analytisches Labor, Arbeit als Bauschadengutachter für die LPM AG Seite Anfang 2006, DIN-geprüfter Beschichtungsinspektor

Kontakt

LPM AG (Labor für Prüfung und Materialtechnologie), Akkreditiertes Prüfinstitut in der Schweiz, Wallisellerstrasse 114, CH-8152 Opfikon

E-Mail: severinwerner@lpm.ch
Internet: www.lpm.ch

Eidg. dipl. Gipsermeister, Akkr. Fachexperte SMGV Max Kistler

Nach beinahe 20-jähriger Arbeit in führender Position in einer größeren Unternehmung seit ca. 2,5 Jahren selbstständiger Fachexperte SMGV für Baubegleitung, Fachberatung und Gutachten

Kontakt

Kistler Bauexpert GmbH, Obere Bergstrasse 19, CH-5425 Schneisingen

E-Mail: info@kistlerbauexpert.ch
Internet: www.kistlerbauexpert.ch