

BAUSUBSTANZ

Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege



Das »Ikareum« in der Nikolaikirche zu Anklam

Klosterabtei Waldsassen – Sanierung des Kommunbrauhauses

Denkmalschutz und Photovoltaik

Tragverhalten von Drahtputzgewölben

Witterungsschutz bei Außenputzen

Eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Prüfverfahren zur kapillaren Wasseraufnahme

1 Einleitung

Den meisten Baubeteiligten sind die Beanspruchungen durch die Freibewitterung der Fassaden und die Auswirkungen der zunehmenden Starkregenereignisse auf die Bausubstanz und Dauerhaftigkeit bewusst. Weniger bekannt sind jedoch die Vorgänge bei der Wasser-/Feuchteaufnahme und -abgabe der verschiedenen Baustoffe in ihrem Zusammenwirken – je nach Exposition der Fassaden und Spritzwasserbelastung. Obwohl die Kategorien wie »wasserundurchlässig«, »saugend«, »wasserabweisend« etc. allgemein bekannt sind, wissen wenige, was diese technisch tatsächlich beinhalten. In der Baupraxis geht man z. B. fälschlicherweise häufig davon aus, dass als wasserabweisend deklarierte Putze kapillar kaum oder kein Wasser aufsaugen.

Noch verwirrender wird es, weil nicht alle zu berücksichtigenden Wasser- und Feuchtetransportprozesse und der geplante Witterungsschutz auf die gleichen Materialkennwerte zurückgreifen. Die Anforderungen an den Regenschutz von Fassaden sind in unterschiedlichen Regelwerken beschrieben, u. a. DIN 4108-3 und DIN EN 998-1. Die Materialkennwerte für die kapillare Wasseraufnahme werden gemäß anderer

Normen nach verschiedenen Prüfverfahren erfasst und ausgewertet, die inhaltlich und in ihrer Aussagefähigkeit für die realen Beanspruchungen am Objekt sehr unterschiedlich sind. Darauf wird im Abschnitt 3 näher eingegangen.

Nachvollziehbare Messwerte sind nicht nur für den Vergleich von Putzen verschiedener Hersteller bezüglich Regenschutz und Dauerhaftigkeit wichtig, sondern auch, um bauphysikalische Berechnungen zum Feuchteschutz mit vergleichbaren Werten durchführen zu können. Die Kenntnis dieser Materialkennwerte ist für die Bewertung des Feuchteschutzes bei Putzen und Sichtmauerwerken genauso wichtig wie für die Funktionsfähigkeit von Innendämmsystemen und deren Vorplanung anhand von Simulationen wie WUFI®, insbesondere für die kapillaraktiven Innendämmsysteme.

Die Putze stehen im Fokus des Artikels, weil über 60 % der Fassadenoberflächen in Deutschland mit Putzen gestaltet sind, die in vergleichsweise geringer Schichtdicke von ca. 2 cm für mehrere Jahrzehnte der Witterung ausgesetzt sind.

Der Artikel befasst sich mit der Bewertung der kapillaren Wasseraufnahme von unbeschichteten Außenputzen anhand von verschiedenen Prüfverfahren und Kategorien zur normativen Bewertung. Grundlage dafür ist ein komplexes Versuchs-



Abb. 1: Schnee vor der Hauswand, deutlich höher als der Sockelputz mit 30 cm Höhe



Abb. 2: Schnee kann auch in großen Höhen »anhaften«

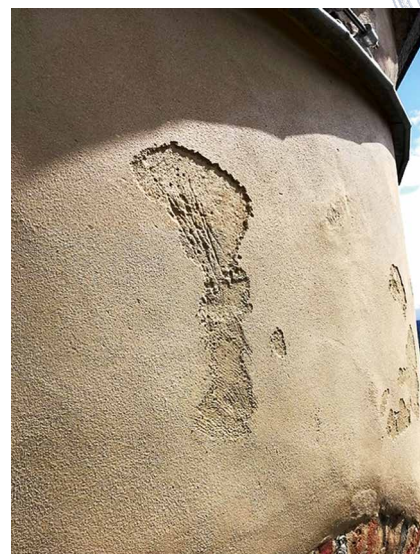


Abb. 3: Überbeanspruchter Putz ist abgeplatzt

programm mit handelsüblichen Putzmörteln für die Fassadengestaltung, das im Rahmen der Thesis von Lars Dahlem an der Fakultät Bauingenieurwesen der HTWG Konstanz bearbeitet wurde.

2 Wasser-/Feuchteaufnahme durch die Freibewitterung

2.1 Wasseraufnahme bei Putzmörteln

Wasser und Wasserdampf können von Putzmörteln aufgrund von Regen-, Tau- und Spritzwasserbeanspruchung, aber auch durch anhaftenden Schnee aufgenommen werden. Gerade bei Letzterem wird die hohe Beanspruchung des Putzgefüges unterschätzt. Schnee, der vor dem Putzsystem »lagert« (Abb. 1) oder selbst in großer Höhe »anhaftet« (Abb. 2), kann tagsüber auftauen und kapillar von der Putzoberfläche in den Putzquerschnitt aufgesaugt werden. Sinken die Temperaturen wieder unter den Nullpunkt, führt die Porenfüllung mit Wasser beim Gefrieren zu hohen Drücken, die von den vergleichsweise geringsten Putzen nicht ohne Gefügebeeinträchtigungen aufgenommen werden können. Während Sockelputze bezüglich ihrer Zusammensetzung und Mörtel Eigenschaften für diese Beanspruchungen ausgelegt sind, kann dies bei Fassadenputzen zu Schäden bis zum vollständigen Versagen führen (Abb. 3).

Wie viel und wie schnell das Wasser vom Putzmörtel aufgenommen wird, hängt von dessen Porenarten, Porenanteil, Porengrößen und Porengrößenverteilung ab sowie von der Beeinflussung der Wasseraufnahme durch Zusatzmittel u. a. Hydrophobierungsmittel ab. Darüber hinaus ist entscheidend, ob das Wasser von den Poren »nur« kapillar aufgesaugt wird oder bei Schlagregen oder zeitweise stauendem Wasser auch in die Poren »gedrückt« werden kann. Das heißt, bezüglich der Dauerhaftigkeit von Putzen bei Freibewitterung spielt es nicht nur eine Rolle, wie viel der Putz kapillar Wasser aufnimmt und wie schnell er dieses wieder abgibt, sondern auch, wie viel Wasser insgesamt aufgenommen wird. Abb. 4 zeigt einen Vergleich von kapillarer und Gesamtwasseraufnahme von 12 systematisch

untersuchten handelsüblichen Leicht- und Normalputzen, wobei der schraffierte Balken links jeweils die Gesamtwasseraufnahme in % und der schwarze, rechte Balken die kapillare Wasseraufnahme des gleichen Putzmörtels in m^2/h darstellt. Es zeigte sich, dass selbst die als wasserabweisend einzustufenden Putze (w-Werte bis $0,5 \text{ m}^2/\text{h}$ und kurz darüber, d. h. hier die Putze A, B, G, H und J sowie D, I und S) zum Teil hohe Gesamtwasseraufnahmewerte (WA) aufweisen und große Unterschiede in der Gesamtwasseraufnahme aufweisen können. Als Vergleich dazu z. B. Putz A mit 4,2 % WA bei einem w-Wert von $0,2 \text{ m}^2/\text{h}$ mit Putz J mit 10,8 % WA bei einem w-Wert von $0,4 \text{ m}^2/\text{h}$. Das ist nicht nur mit der erhöhten Porosität von Leichtputzen gegenüber Normalputzen zu erklären, sondern auch mit der unter-

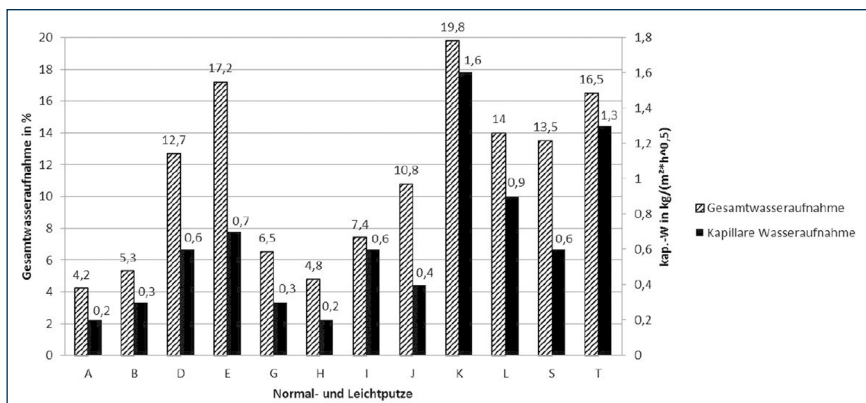


Abb. 4: Gesamtwasseraufnahme und kapillare Wasseraufnahme von Normal- und Leichtputzen

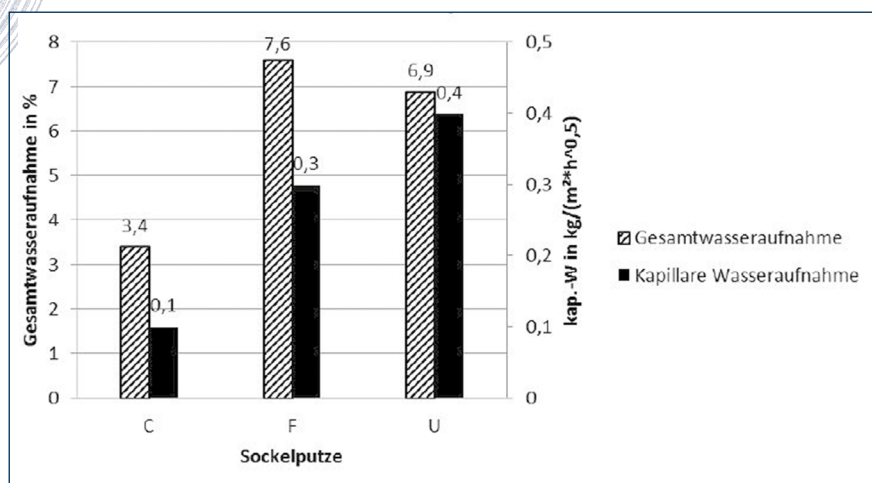


Abb. 5: Gesamtwasseraufnahme und kapillare Wasseraufnahme von Sockelputzen

schiedlichen Ausbildung der Porenhydrophobie durch unterschiedliche wasserabweisende Zusätze der Hersteller. Der Vergleich mit den untersuchten Sockelputzen zeigt, dass hier geringere Gesamtwasseraufnahmewerte vorliegen (Abb. 5). Sockelputze sind wegen

der erhöhten Anforderungen u. a. durch Spritzwasser anders zusammengesetzt.

Der Regenschutz von Fassadenputzen und deren Beschichtungen wird primär anhand des kapillaren Wasseraufnahmekoeffizienten, des sogenannten w-Wertes (W_w -Wertes)

oder C-Wertes, bestimmt. Nur gibt es für seine Messung, wie einführend bereits erwähnt, unterschiedliche Prüfverfahren.

2.2 Schlagregenbeanspruchung und normative Anforderungen an die Außenputze

Abb. 6 zeigt die Jahresniederschläge von 1881 bis 2019 für das Gebietsmittel Deutschland und Abb. 7 vergleichend für Baden-Württemberg mit überdurchschnittlichen hohen Werten, weshalb die meisten Gebiete im Süden Deutschlands der höchsten Schlagregenzone zugeordnet werden (siehe Abb. 9). Dabei verteilen sich die Niederschläge in Deutschland relativ gleichmäßig auf die vier Jahreszeiten, wobei es im Frühjahr durchschnittlich am wenigsten regnet. Die Gesamtniederschlagsmengen in Deutschland haben sich in den letzten 20 Jahren nicht wesentlich verändert, jedoch hat die Anzahl der Regenereignisse und Starkregenereignisse deutlich zugenommen (Abb. 8).

Anhand der langjährigen Messungen des DWD wurden für Deutschland drei Schlagregengruppen erstellt, die anhand einer Karte mit den Zonen I (geringe Schlagregenbeanspruchung) bis III (starke Schlagregenbeanspruchung) in der »Wärmeschutznorm« DIN 4108 dargestellt sind (Abb. 9). Hochhäuser und besonders exponierte Gebäude sind für die Gestaltung des Regenschutzes jeweils der höheren Schlagregenzone zuzuordnen, als es den regionalen Regen- und Windverhältnissen entspreche.

Bekannt ist, dass die Schlagregenbeanspruchung an der Westseite, auch als Wetterseite bezeichnet, deutlich höher ist. Die Exposition beträgt dort bis zu 50 % des gesamten Schlagregens,

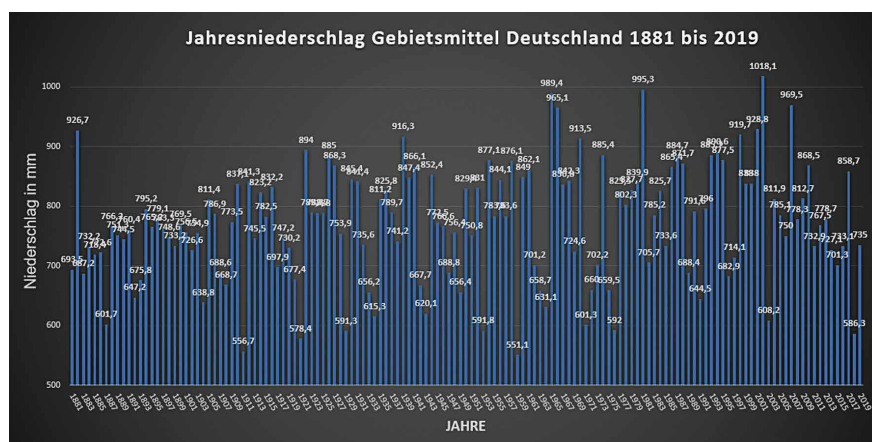


Abb. 6: Jahresniederschläge in Deutschland

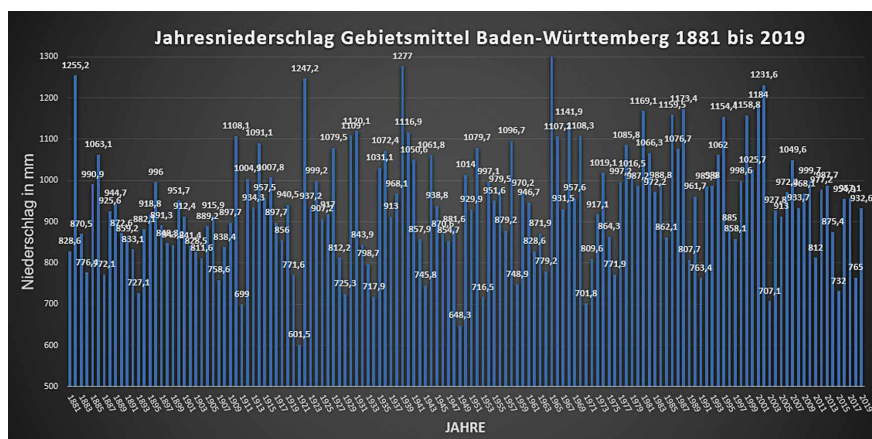


Abb. 7: Jahresniederschläge in Baden-Württemberg

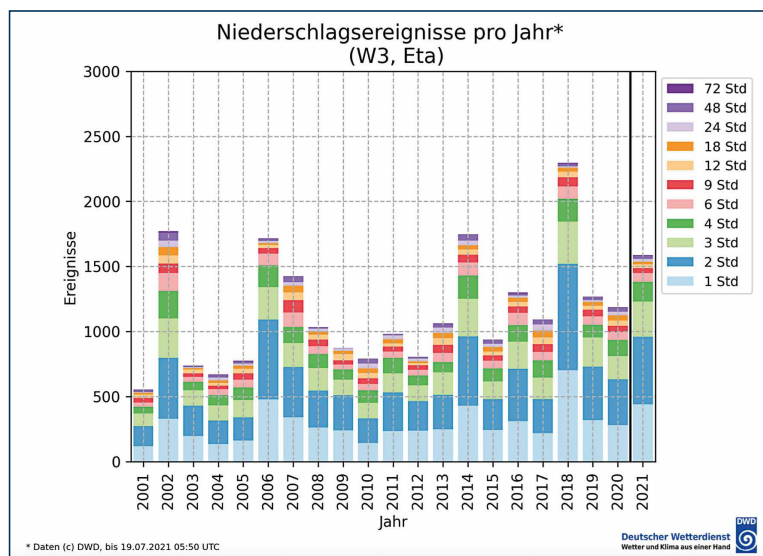


Abb. 8: Niederschlagsereignisse mit unterschiedlicher Regendauer

wobei lokale Standortfaktoren wie die Beeinflussung durch Nachbarbebauungen eine große Rolle spielen.

Da die normativen Anforderungen an die Fassaden für diese drei Beanspruchungszonen leider nicht einheitlich sind und bei der Planung für Verwirrung sorgen, werden im Folgenden auf der Grundlage eigener Laboruntersuchungen die Unterschiede herausgearbeitet. Dabei wird nur auf Außenputze eingegangen, weil damit die überwiegenden Fassadenoberflächen von Wohn- und Gesellschaftsbauten in Deutschland gestaltet sind.

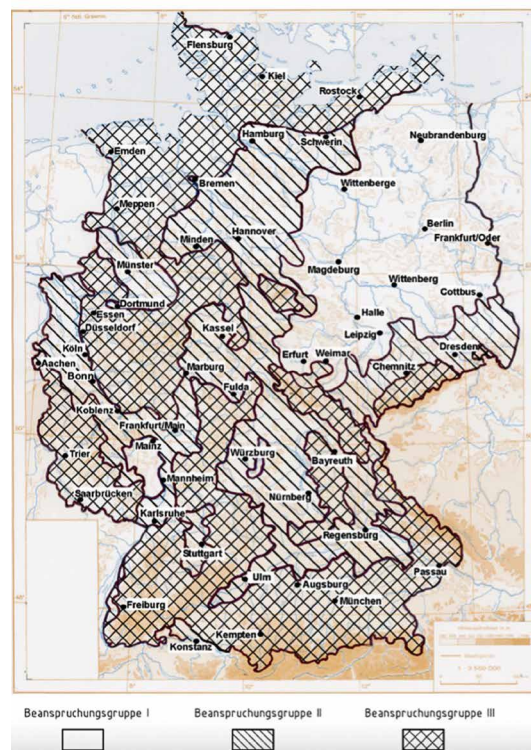


Abb. 9: Schlagregenzonen gemäß DIN 4108-3 [2]

2.2.1 Anforderungen an Außenputze nach DIN 4108

Tab. 1 (Tabelle 7 aus DIN 4108) zeigt die Wandbauarten in Abhängigkeit von der Schlagregenbeanspruchung. Wäh-

Tab. 1: Wandbauarten und Schlagregenbeanspruchung (Tabelle 7 aus DIN 4108 [2])

Zeile	Beanspruchungsgruppe I	Beanspruchungsgruppe II	Beanspruchungsgruppe III
	Schlagregenbeanspruchung		
	geringe	mittlere	starke
1	Außenputz ohne besondere Anforderungen an den Schlagregenschutz auf - Außenwänden aus Mauerwerk, Wandbauplatten, Beton u. Ä. - sowie verputzten außenseitigen Wärmebrückendämmungen	wasserabweisender Außenputz nach Tabelle 6 auf	
2	einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 31 cm (mit Innenputz)	einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 37,5 cm (mit Innenputz)	zweischaliges Verblendmauerwerk mit Luftschicht und Wärmedämmung oder mit Kerndämmung (mit Innenputz)
3	Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen und Platten		Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen oder Platten nach DIN 18515-1 mit wasserabweisendem Ansetzmörtel
4	Außenwände mit gefügedichter Betonaußenschicht		
5	Wände mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen*		
6	Wände mit Außendämmung, z. B. Wärmedämmputz-, Wärmedämm-Verbundsystem		
7	Außenwände in Holzbauart mit Wetterschutz nach DIN 68800-2		

* Offene Fugen zwischen den Bekleidungsplatten beeinträchtigen den Regenschutz nicht.

Tab. 2: Zuordnung von Putzen zu den Beanspruchungsgruppen mit Schlagregen (Tabelle DE.5 aus DIN EN 13914)

	Beanspruchungsgruppe I nach DIN 4108-3 geringe Schlagregenbeanspruchung	Beanspruchungsgruppe II nach DIN 4108-3 mittlere Schlagregenbeanspruchung	Beanspruchungsgruppe III nach DIN 4108-3 starke Schlagregenbeanspruchung
nach DIN 4108-3	Außenputz ohne besondere Anforderung	mindestens wasserhemmender Außenputz	mindestens wasserabweisender Außenputz
nach DIN EN 998-1 ^a	W_{c0}, W_{c1}, W_{c2}	W_{c1}, W_{c2}	W_{c2}
nach DIN EN 15824	W_1, W_2, W_3	W_1, W_2, W_3	W_2/W_3

^a Der Index »c« wurde für die Kategorie der kapillaren Wasseraufnahme in DIN EN 998-1:2017:02 eingeführt. DIN EN 13914-1:2016-09 verwendet noch die Kategorien ohne Index.

rend für die Außenputze in Schlagregenzone I keine Anforderungen gestellt werden, sind gemäß Tab. 1 in den Zonen II und III wasserabweisende Außenputze einzusetzen. Für die Prüfung der kapillaren Wasseraufnahme wird hier auf das Verfahren nach DIN EN ISO 15148 verwiesen, welches die »vertrauten« w -Werte in $\text{kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$ liefert. Die Messwerte werden den in der Praxis bekannten Kategorien

- ▶ saugend: $> 2 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$, d. h. 2 l Wasser auf 1 m^2 Fassade bei 1 h Regen,
 - ▶ wasserhemmend: $0,5 > w < 2 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$ und
 - ▶ wasserabweisend: $< 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$
- zugeordnet.

Die Kategorie »wasserhemmend« ist seit der letzten Aktualisierung der DIN 4108 entfallen. Für Außenwände mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) wird bezüglich der Anforderungen in Tab. 1 nicht zwischen den Schlagregenbeanspruchungsgruppen unterschieden, weil beide Putzschichten (Armierungsputz und Oberputz) auf den Dämmstoffen wasserabweisend auszurüsten sind, um die Dämmstoffe dahinter ausreichend vor Feuchte zu schützen.

2.2.2 Anforderungen an die Außenputze nach EN 998-1, DIN 18550-1 und DIN EN 13914-1

Nach EN 998-1 wird hinsichtlich der kapillaren Wasseraufnahme zwischen W_{c0} , W_{c1} und W_{c2} unterschieden, wobei W_{c0} für keine Anforderungen an den Regenschutz steht und W_{c2} wasserabweisende Putze charakterisiert. Der Index c hierbei verweist auf das Prüfverfahren für den Wasseraufnahmekoeffizienten nach DIN EN 1015-18.

Die DIN 18550-1 »Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 13914-1 für Außenputze« verweist unter Punkt 6.7 »Beständigkeit gegen das Eindringen von Regenwasser« auf

o. g. EN 998-1, z. B. gilt für Werkputzmörtel: »Bei rauerer Witterungsbedingungen, wenn der Putz starkem Regen ausgesetzt ist, sollte Putz mit einer kapillaren Wasseraufnahme der Klasse W_{c2} nach EN 998-1 eingesetzt werden.« [5].

In DIN EN 13914 erfolgt die Zuordnung zu den Schlagregenbeanspruchungsgruppen gemäß Tabelle DE.5 (hier Tab. 2).

Die Klassifizierung der w_c -Werte (als Kategorien von 0 bis 2) erfolgt anhand der C -Werte, die nach einem anderen Verfahren gemessen (gemäß DIN EN 1015-18) und in einer anderen Einheit angegeben werden (in $\text{kg}/[\text{m}^2\sqrt{\text{min}}]$).

Nach DIN EN 13914 »gelten die Kriterien dann als erfüllt, wenn mindestens eine Putzlage des Außenputzsystems die Anforderungen erfüllt.« Diese Anforderung an Außenputze in der höchsten Schlagregenzone nur für eine Putzlage und nicht das gesamte Putzsystem festzulegen, erachten die Verfasser als unzureichend und »schadensträchtig«, siehe auch Abschnitt 4.

2.2.3 Angaben der Hersteller zu den Normenanforderungen

In den technischen Merkblättern der meisten Hersteller von Außenputzsystemen werden beide Kennwerte für die kapillare Wasseraufnahme, d. h. die w -Werte und die C -Werte, angegeben. In der Leistungserklärung der Hersteller und in den CE-Kennzeichen für Putzmörtel erscheint nur die Wasseraufnahme nach EN 998-1, z. B. für wasserabweisende Putze die W_{c2} .

3 Prüfverfahren und verschiedene Prüfkörpergeometrie im Vergleich

Da in den letzten Jahren mehrfach Zweifel an der vergleichbaren Bewertung der kapillaren Wasseraufnahme von Außen-



Abb. 10: Versuchsaufbau nach DIN EN ISO 15148 an Prismen und Putzplatten



putzen und der Aussagefähigkeit für die Praxis, vor allem in Bezug auf die Dauerhaftigkeit von Putzen, geäußert wurden, wurden die unterschiedlichen Prüfverfahren im Rahmen einer Thesis an der Fakultät Bauingenieurwesen der HTWG Konstanz systematisch untersucht und verglichen.

Dabei wurden handelsübliche, mineralische Außenputze ohne Beschichtung (Anstrichsystem) in unterschiedlichen Prüfkörpergeometrien verwendet, die von einem Stuckateur nach Herstellervorgaben hergestellt wurden, um eine fachgerechte Ausführung vorauszusetzen und den Einfluss der Verarbeitung für alle verwendeten Putze einheitlich zu gestalten.

3.1 Putzmörtelauswahl und Prüfkörper

In die Versuche wurden folgende mineralische Unter- und Oberputzarten einbezogen: Leichtputz-, Armierungsputz-, Sanierputz- und Edelputzmörtel, die gemäß Herstellerangaben als wasserabweisend deklariert werden. Zum Vergleich wurde ein handelsüblicher mineralischer nicht wasserabweisender Putz mit einbezogen.

Da für die Prüfung aller deklarationspflichtigen Mörtelkennwerte Normprismen mit den Abmessungen 160 mm × 40 mm × 40 mm verwendet werden, werden diese auch für die Prüfung der kapillaren Wasseraufnahme bei Putzmörteln gemäß DIN EN 1015 und DIN EN ISO 15148 genutzt. Zusätzlich zu den Normprismen wurden einzelne Armierungs- und Oberputze an Platten mit den Abmaßen von 200 mm × 200 mm, in der Original-Putzdicke gemäß Herstellerunterlagen auf einer Trägerplatte aus EPS geprüft. Dabei sollte erfasst werden, ob es möglich ist, Putze, die in der Praxis als Armierungs- oder Oberputze eher dünn-schichtig eingesetzt werden, in ihrer Original-Putzdicke zu prüfen.

Da es sich bei den Verfahren nach DIN EN ISO 15148 und DIN EN 1015-18 um zerstörungsfreie Prüfungen han-

delt, wurde allen Messungen an den unterschiedlichen Putzmörtelprismen mehrfach wiederholt.

3.2 Prüfung der kapillaren Wasseraufnahme nach DIN EN ISO 15148

Die Grenzwerte gemäß DIN 4108 für wasserabweisende Außenputze sind nach DIN EN ISO 15148 zu ermitteln (siehe auch Abschnitt 2.2.1). Dieses Verfahren beruht im Wesentlichen auf der früheren DIN 52617, die bis 1987 zur Ermittlung des kapillaren Wasseraufnahmekoeffizienten diente. Der Versuchsaufbau ist nahezu identisch; geringe Unterschiede betreffen nur die Prüfkörpergeometrie.

Vor dem Kontakt mit Wasser werden die Längs- und Stirnseiten abgedichtet, z. B. mit Paraffin. Die Putzoberfläche wird auf Abstandshaltern ca. 5 mm tief in ein Wasserbad getaucht (Abb. 10), die Wasseraufnahme der wasserberührten Fläche (4 mm × 16 mm) über 24 Stunden erfasst und grafisch mit der Wasseraufnahme in kg/m² auf der Y-Achse und der Messdauer als Wurzel der Zeit auf der X-Achse dargestellt. Die Ermittlung der W-Werte in kg/(m²√h) erfolgt in Abhängigkeit vom Verlauf der »Saugkurven«.

3.3 Prüfung der kapillaren Wasseraufnahme nach DIN EN 1015

Teil 18 der DIN EN 1015 [4] beschreibt das zweite Verfahren zur Bestimmung eines Wasseraufnahmekoeffizienten für Mörtel, für das ebenfalls an den Längs- und Stirnseiten abgedichtete Normprismen eingesetzt werden.

Anders als bei dem Verfahren nach DIN EN ISO 15148 werden die Prismen mittig gebrochen und nicht die Putzmörteloberflächen, sondern die Bruchflächen (40 mm × 40 mm) ca. 10 mm tief in ein Wasserbad eingetaucht (Abb. 11).



Abb. 11: Versuchsaufbau nach DIN EN 1015-18

Der Wasseraufnahmekoeffizient, hier mit C bezeichnet, wird in $\text{kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{min}})$ ermittelt. Ausgewertet werden die Ergebnisse mithilfe der Formel (1). C gibt den Wasseraufnahmekoeffizienten an, der sich aus der Differenz der aufgesaugten Wassermassen nach 10 und nach 90 Minuten ergibt.

$$C = 0,1 \cdot (M2 - M1) \quad (1)$$

Im Falle von Sanierputzen ist Formel (2) anzuwenden.

$$C = 0,625 \cdot (M3 - M0) \quad (2)$$

C : Wasseraufnahmekoeffizient in $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$

$M0$: Masse des getrockneten Prüfkörpers in g

$M1$: Masse des Prüfkörpers nach 10 min in g

$M2$: Masse des Prüfkörpers nach 90 min in g

$M3$: Masse des Prüfkörpers nach 24 h in g

3.4 Ergebnisse

3.4.1 Verfahren nach DIN EN ISO 15148

Abb. 12 zeigt exemplarisch die kapillare Wasseraufnahme ausgewählter wasserabweisender Putze bis zu 24 Stunden. Der Grenzwert von $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{m}})$ wurde von allen als wasserabweisend deklarierten Putzen unterschritten. Die größte kapillare Wasseraufnahme der Putze liegt bekannterweise in der ersten Stunde und die Kurve flacht danach etwas ab, wobei einige Putze auch über die gesamten 24 Stunden kontinuierlich Wasser aufsaugen. Die Fortführung der Messungen bis zu 80 Stunden (siehe Abb. 8, Regenereignisse auch über 3 Tage) zeigte, dass einzelne Putze auch nach 24 Stunden weitersaugen.

Die Putze auf den Platten zeigten vergleichbare w -Werte wie die Prismen bis ca. 1 Stunde Messdauer. Danach trat bei allen Proben eine deutliche Reduzierung des Anstiegs der Wasseraufnahme auf bzw. endete bei einzelnen Proben das Saugen. Dafür ist wahrscheinlich der Übergang von Putz zu nicht saugender Putzträgerplatte verantwortlich.

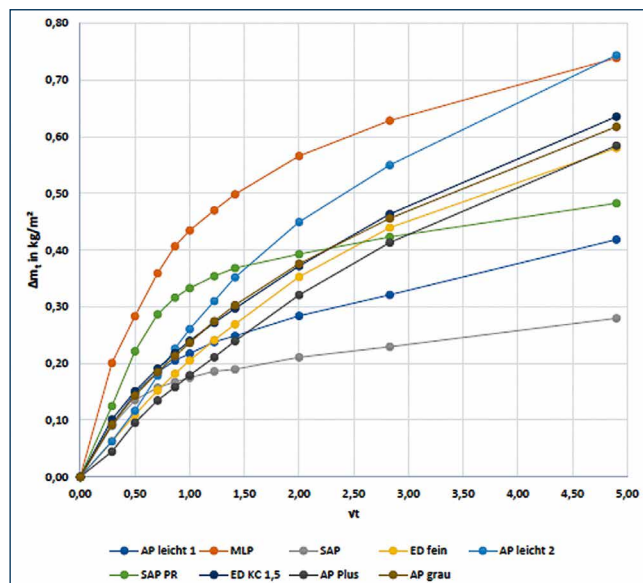


Abb. 12: Saugverhalten verschiedener Putze bis zu 24 Stunden erfasst

3.4.2 Verfahren nach DIN EN 1015-18

Wie in den vorherigen Abschnitten erwähnt, sind nach dieser Norm geprüfte Putze mit Wasseraufnahmekoeffizienten C unter $0,2 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{min}})$ als wasserabweisend einzustufen. Die Streuung der Messwerte bei den Mehrfachmessungen war wesentlich größer als bei dem Verfahren nach DIN EN ISO 15148.

Abb. 13 zeigt die C -Werte einiger geprüfter Putze. Dabei fällt auf, dass einzelne Putze den Grenzwert etwas überschreiten, obwohl sie nach dem anderen Prüfverfahren bezüglich des w -Wertes eindeutig der Kategorie »wasserabweisend« zuzuordnen sind.

3.5 Zusammenfassende Bewertung

Die im Verfahren nach DIN EN ISO 15148 kontinuierlich bis zu 24 Stunden erfasste kapillare Wasseraufnahme simuliert das tatsächliche Verhalten der Putzoberfläche bei Regen, die in Deutschland im Mittel 2 Stunden und zum Teil auch 24 Stunden und länger andauert (vergleiche mit Abb. 8). Da der Verlauf des Saugens bis zu 24 Stunden er-

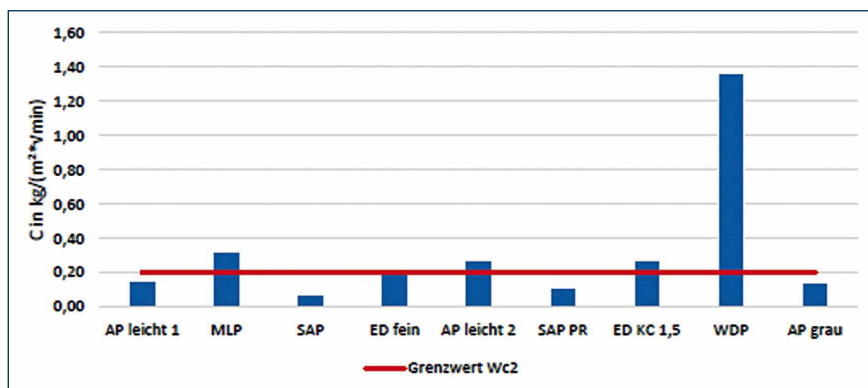


Abb. 13: C -Werte nach 90-minütigem Saugen



Abb. 14: Reversible Dunkelfärbung einer Putzfläche nach Regen

fasst und grafisch dargestellt ist, ist eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Putze auch für unterschiedliche regionale Schlagregenbeanspruchungen möglich. Das kann u. a. wichtig sein, wenn Bestandsputze überarbeitet oder teilflächig ausgebessert werden, um den »Neuputz« im Saugverhalten an den Bestandsputz anzugleichen.

Darüber hinaus liefert eine längere Erfassung des Saugverhaltens von Oberputzen auch Informationen darüber, ob und wann eine reversible Verfärbung der Putzoberfläche durch die Wasseraufnahme eintritt (Abb. 14). Das ist nicht nur bei saugenden Putzen der Fall, sondern kann, in geringem Umfang, auch bei wasserabweisenden Putzen auftreten und ist i. d. R. kein Indiz dafür, dass keine »Querschnitts-Wasserabweisung« vorhanden wäre.

Einzige Abweichung des Prüfverfahrens nach DIN EN ISO 15148 von den Praxisbeanspruchungen bei Freibewitterung ist das Saugen der eingetauchten Putzmörtel entgegen der Schwerkraft. Das betrifft auch das Verfahren DIN EN 1015-18. Da sich Mörtel i. d. R. isotrop verhalten, ist das zu vernachlässigen.



Abb. 15: Eindringtiefe bzw. Saughöhe des Wassers (mit Bleistift nachgezeichnet), Prismen unmittelbar nach Beendigung der Saugversuche gespalten; links: saugender mineralischer Putz, rechts: wasserabweisender Armierungsputz

Durch den Bruch der Prüfprismen bei dem Verfahren nach DIN EN 1015-18 ist die Saugfläche nicht gleichmäßig und die Größe der Saugfläche des Putzes nur schwer korrekt zu erfassen. Darüber hinaus entspricht die Beanspruchung der rauen Bruchfläche nicht der tatsächlichen Beanspruchung der handwerklich geprägten Oberfläche der Fassadenputze. Das hat besonders bei bindemittelarmen und kornrauen Putzmörteln einen großen Einfluss. Der zeitliche Verlauf der kapillaren Wasseraufnahme ist nicht erkennbar, und ob ein saugender Putz ggf. in den 90 Minuten Prüfdauer durchfeuchtet, ist ebenfalls bei 8 cm Prüfkörperhöhe nicht zu sehen. Die Steighöhe kann erst beim nachträglichen Spalten der Prüfkörper erfasst werden. Je nach Putzart und -zusammensetzung ist die Eindringtiefe bzw. die Saughöhe des Wassers über dem Putzquerschnitt nicht gleichmäßig (Abb. 15).

Auch wenn Putze i. d. R. nicht in 4 cm Dicke ausgeführt werden, haben sich Prüfkörper mit geringeren Dicken bei den Versuchen als wenig geeignet erwiesen. Zwischen den an den Normprismen und den Putzplatten erfassten Werten wurden signifikante Unterschiede festgestellt.

Das trifft vor allem für saugende Putzmörtel zu, bei denen die Kapillarwirkung so stark ausgeprägt ist, dass sie nach relativ kurzer Zeit durchfeuchtet sein können.

In Tab. 3 sind wesentliche Unterschiede zwischen den beiden genormten Verfahren dargestellt. Eine Vergleichbarkeit ist nicht gegeben. Auch wenn mehr Zeit für die Messung nach DIN EN ISO 15148 benötigt wird, bildet dieses Ver-

fahren das tatsächliche Verhalten der Putzoberfläche bei Beregnung ab. Das ist beim Saugen an den rauen Bruchflächen bei dem Verfahren nach DIN EN 1015-18 nicht der Fall. Die Saugfläche ist nicht nur zu klein, sondern wird durch die »Randeffekte« beim Saugen und den größeren An-

Tab. 3: Vergleich der Versuche nach DIN EN ISO 15148 und DIN EN 1015-18

Vergleich	Verfahren nach DIN EN ISO 15148	Verfahren nach DIN EN 1015-18
Prüfkörper	Normprisma, nicht verändert	Normprisma mittig gebrochen
Aufwand	Der Versuch benötigt mehr Durchführungszeit (24 h), die Versuchsvorbereitung ist weniger aufwendig.	Es ist zusätzlich ein Brechen erforderlich, um zwei Prismenhälften mit den Abmessungen von ca. 80 mm x 40 mm x 40 mm zu erhalten.
Versuchsdauer	24 Stunden	90 Minuten
Abdichtungsmaterial	Paraffinwachs o. Ä.	Paraffinwachs o. Ä.
Wasseraufnahmefläche	160 mm x 40 mm	ca. 40 mm x 40 mm
Ermittlung der Kontaktfläche	mit Schiebelehre oder Lineal möglich	exakt nur mit 3-D-Laserscanning möglich
Oberfläche der Kontaktfläche	eben, abgestrichen oder in der tatsächlichen Putzweise strukturiert	rau und uneben
Ausrichtung im Wasser	Das Prisma liegt mit der Längsseite auf ebenen Abstandhaltern im Wasser.	Es ist immer eine leichte Schiefstellung aufgrund der Bruchfläche vorhanden.
Tiefe der Probe im Wasser	5 mm (+/- 2 mm)	5 bis 10 mm
Darstellung des Saugverhaltens	Darstellung an mind. 8 Messwerten über 24 h	keine grafische Darstellung
Bestimmung der Eindringtiefe	nicht vorgesehen	Die Bestimmung ist möglich unter Nichtberücksichtigung der Randeffekte.
Realitätsbezug	Die Messwerte zeigen die tatsächliche Wasseraufnahme pro Fläche und Zeit und sind auch bei Wiederholungen gleich.	Die Einheit $\sqrt{\text{min}}$ ist für den Praktiker kaum vorstellbar. Ein Umrechnen auf $\sqrt{\text{h}}$ ergibt keine »sinnvollen« und keine mit dem Verfahren nach DIN EN ISO 15148 vergleichbaren Werte.
Vergleichbarkeit bei Mehrfachversuchen	gute Vergleichbarkeit aufgrund der immer gleichen Prüf-Randbedingungen	Eine sichere Vergleichbarkeit mit weiteren Versuchsreihen des gleichen Materials ist aufgrund der immer anders ausfallenden Prüf-Randbedingungen (Schiefstellung, Bruchfläche, Randeffekte) nicht möglich.

teil an Abdichtungsstoff bezogen auf die ummantelte Fläche stärker beeinflusst. Letztgenanntes wird durch die kürzere Saugzeit auch nicht ausgeglichen.

4 Empfehlungen für die Erfassung der kapillaren Wasseraufnahme und den Regenschutz von Putzsystemen in der Praxis

Aus verschiedenen, in Tab. 3 vergleichend dargestellten Gründen ist das Verfahren nach DIN EN ISO 15148 mit der eingetauchten Putzoberfläche als »Fortführung« des bewährten Verfahrens der früheren DIN 52617 für die Erfassung des kapillaren Wasseraufnahmekoeffizienten zu favorisieren. Die Verfasser schließen sich aufgrund langjähriger eigener Erfahrungen und der aktuellen Messergebnisse dem Statement der Experten der WTA-Arbeitsgruppe 2-14 »Funktionsputze« an:

Die Werte der unterschiedlichen Verfahren zur Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme »sind unter-

einander nicht direkt vergleichbar. Für die Bewertung der Eigenschaften von bearbeiteten Putzoberflächen ist der Ww-Wert besser geeignet als der c-Wert, der an einer gebrochenen Mörtelfläche (Prisma) bestimmt wird.« [8] Auch eine Umrechnung von Werten, die nach unterschiedlichen Normen gemessen wurden, ist ausgeschlossen.

Bei der zerstörungsfreien Beurteilung an Fassaden, ob die wasserabweisende Wirkung eines Putzes vorhanden (bzw. noch vorhanden ist) oder nicht, wird häufig auf den Benetzungstest zurückgegriffen, d. h. die Beobachtung der Oberfläche kurze Zeit nach dem Anspritzen von Wasser. Der Test ist nur bei unbeschichteten Putzen möglich, da ansonsten das Anstrichsystem bewertet werden würde. Dieser Test liefert Informationen über das Benetzungsverhalten (u. a. in Abhängigkeit von der Oberflächenspannung) und ggf. über das kapillare Wasseraufnahmeverhalten in den ersten Minuten. Ein anfänglicher Abperleffekt an der Putzoberfläche (Abb. 16 oben) kann ein Indiz für einen wasserabweisenden Putz sein, ersetzt im Zweifelsfall jedoch nicht die Prüfung der kapillaren Wasseraufnahme zur Kategorisierung nach Norm.



Abb. 16: Benetzungsprobe an einem wasserabweisenden Strukturputz nach 5 min (oben) und 15 min (rechts)



Für einen dauerhaften Regenschutz ist es ab Schlagregenzone II und aufgrund zunehmender Schlagregenereignisse auch an allen Wetterseiten zu empfehlen, das gesamte Außenputzsystem, d. h. alle Putzschichten, wasserabweisend auszurüsten. Ein wasserabweisendes, gut haftendes Anstrichsystem als »Oberflächenhydrophobie« kann den Regenschutz des Putzsystems unterstützen, ersetzt jedoch in der üblichen Schichtdicke von nur ca. 0,2 mm und aufgrund nicht völlig vermeidbarer Oberflächenbeschädigungen nicht die Wasserabweisung im Putzquerschnitt.

Die schlanke, fugenlose »Fassadenhülle« aus Putz kann nur bei angepassten Festigkeiten, festem Verbund und ausreichender Wasserabweisung in der Lage sein, dauerhaft den enormen Witterungsbeanspruchungen und permanent wirkenden thermischen und feuchtebedingten Volumenänderungen zu widerstehen (Quellen/Schwinden in Verbindung mit Ausdehnen/Zusammenziehen). Durch Vermeidung von Rissen und einen angemessenen Witterungsschutz des gesamten Putzsystems kann auch bei den heutigen, geringeren Putzdicken die technische Lebensdauer von ca. 50 Jahren bei mineralischen Putzen erreicht werden.

Literatur

- [1] Dahlem, Lars: Vergleich und Bewertung von Prüfverfahren zum Regenschutz von Außenputzen bezüglich ihrer realen Beanspruchung. Bachelorthesis an der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung, abgegeben 07/2022; Betreuung Prof. Dr. Stürmer
- [2] DIN 4108-3:2023-04 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [3] DIN EN ISO 15148:2018-12 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen
- [4] DIN EN 1015-18:2003-03 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 18: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von erhärtetem Mörtel (Festmörtel)
- [5] DIN 18550-1:2018-01 Planung, Zubereitung und Ausführung von Außen- und Innenputzen – Teil 1: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 13914-1 für Außenputze
- [6] DIN EN 998-1:2017-02 Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 1: Putzmörtel
- [7] Schmid, Nino: Gefügeuntersuchungen an modernen Putzen auf Wärmedämmverbundsystemen. Bachelorthesis an der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung, abgegeben 12/2014; Betreuung Dipl.-Ing. (FH) Architekt Harry Luik und Prof. Dr. Stürmer
- [8] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. -WTA- (Hrsg.): WTA-Merkblatt 2-14-19/D Funktionsputze

INFO/KONTAKT



Prof. Dr.-Ing.
Sylvia Stürmer

Studium Baustoffverfahrenstechnik an der Bauhaus-Universität Weimar, Promotion 1998 über Injektionen an historischen Mauerwerken; von 1990 bis 1998 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Finger-Institut der Bauhaus-Universität Weimar in Lehre, Forschung und gutachterlich tätig; 1998 bis 2003 Produktmanagerin und später Leiterin der Abteilung Bauberatung bei der Fa. Colfirmat Rajasil in Marktredwitz (später: BASF Wall systems); seit Sept. 2003 Professorin an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung HTWG Konstanz für Baustofftechnologie, Bauchemie, Bauphysik und Bausanierung; seit 2003 Mitglied der Öffentlichen Baustoff-Prüfstelle der HTWG Konstanz; seit 2000 Mitglied der WTA, bis 2020 Leiterin des Referats 2 »Oberflächentechnologie«, Arbeitsgruppenleiter bei der Erarbeitung verschiedener WTA-Merkblätter; seit 2011 Mitglied im »Verein Erhalten historischer Bauwerke e.V.« in Karlsruhe; Referentin beim ifbau Stuttgart; Begutachtungen/ Sachverständigentätigkeit; seit 1996 als Sachverständige und seit 2004 in Baden-Württemberg als Gerichtssachverständige tätig

HTWG Konstanz
Fakultät Bauingenieurwesen
Alfred-Wachtel-Straße 8
78462 Konstanz
E-Mail: sylvia.stuermer@htwg-konstanz.de
Internet: www.htwg-konstanz.de



Lars Dahlem

Ab 2018 Bauingenieurstudium an der HTWG Konstanz; seit 2020 für die Steiner AG (Zürich, CH) im Bereich Ausführung tätig; aktuell Studium zum Master of Engineering in der Vertiefung Baubetrieb und Baumanagement an der HTWG Konstanz

Lars Dahlem
Conradin-Kreutzer-Straße 9
78467 Konstanz
E-Mail: Lars.Dahlem@htwg-konstanz.de