

WTB | Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

2021/4

Faseroptische
Sensortechnologie

S. 4-5

Wandaufbau von
Holzkonstruktionen

S. 10-11

Nachhaltige
Kühlsysteme

S. 18-21

Inhalt

2021/4

	Die Achse ‚Metier‘: der Kern des WTB.....	3
	Faseroptische Sensortechnologie als Innovationsmotor im Bereich Tiefgründungsverfahren.....	4
	Die Bedeutung des Unterdachs bei Starkregen.....	6
	Welche Vorteile bietet die Unterteilung einer Flachdachdämmung in mehrere getrennte Bereiche?.....	8
	Wandaufbau bei Holzkonstruktionen mit Hinterlüftungsspalt.....	10
	Verwendung von Lehmputzen zur Oberflächenbehandlung im Innenbereich.....	12
	Nutzen Sie Ihr Werkzeug effizient mit der 5S-Methode	14
	Auftreten von Brüchen bei Fassadensockeln aus Naturstein	16
	Nachhaltige Kühlsysteme im Vergleich	18
	Eignet sich zur Grundwasserabsenkung entnommenes Grundwasser für die Verwendung in Sanitäranlagen von Wohnbauten?	22
	Welches Ziegelmauerwerk ist überstreichbar?	24
	WTB-Veröffentlichungen.....	27

Die Achse ‚Metier‘: der Kern des WTB

Im Rampenlicht steht nach der Vorstellung des Green Deal in der Juni-Ausgabe Ihres Magazins im vorliegenden Artikel die zweite Achse des Plans ‚**Ambitions 2025**‘: ‚Metier‘. Die in diesem Plan enthaltenen Maßnahmen sind ganz auf Bauunternehmer ausgerichtet und zielen darauf ab, in deren Arbeitsalltag eine echte Wirkung zu entfalten. Denn bereits seit der Gründung des WTB beinhaltet unsere Mission **das Eingehen auf die täglichen Bedürfnisse von Bauunternehmen und die Antizipation ihrer Erwartungen**. Ziel des Bauzentrums ist es, auf diese Weise nicht nur die technischen Kenntnisse in den Unternehmen, sondern auch die dort vorhandenen Fertigkeiten in den Bereichen Verwaltung und Organisation zu verbessern. Die Leitung über all diese Tätigkeiten liegt bei unseren 15 Technischen Komitees, denen hauptsächlich Bauunternehmer und andere Fachleute aus dem Bausektor angehören.

Mit der Erstellung von **Leitfäden für eine gute fachliche Praxis** (Technischen Informationen) und Artikeln zum Themenbereich Technik bietet das WTB nicht nur Antworten auf die vielen Fragen der Bauunternehmen, sondern auch Unterstützung bei der Vermeidung von Schäden auf der Baustelle. So wird beispielsweise die Technische Information zum Thema Flachdächer, eines unserer am häufigsten heruntergeladenen Dokumente, derzeit überarbeitet. Die neue Fassung wird bald veröffentlicht werden. Der Artikel auf Seite 8 bietet bereits einige Vorabinformationen über eine der vielen Veränderungen in diesem Bereich.

Antizipation bedeutet auch, dass **neue Themen behandelt werden**, um die künftigen Bedürfnisse unserer Mitglieder zu erfüllen. Ein Beispiel hierfür ist der Artikel über Lehmputze auf Seite 12.

Außerdem streben wir statt einer gesonderten Betrachtung der einzelnen Bauberufe einen eher **multidisziplinären Ansatz** an. Dieser Ansatz wird auch bei den in unserer **Onlinedatenbank** enthaltenen Baudetails verfolgt.

Auch jetzt, wo die digitale Kommunikation vorherrscht, verliert das WTB den persönlichen Kontakt nicht aus dem Blick. So stehen die Ingenieure der Abteilungen **Technische Gutachten und Beratung** und **Verwaltung und Qualität Bau-fachleuten tagtäglich zur Verfügung**. Sie leiten zudem häufig gestellte Fragen an die Technischen Komitees weiter, die diese den von Komiteemitgliedern ermittelten beachtenswerten Aspekten hinzufügen. Das ist beispielsweise beim Phänomen der Ablösung von auf Ziegelmauerwerk aufgetragener Farbe der Fall. Dieses Problem war Gegenstand eines Forschungsprojekts, dessen erste Ergebnisse auf Seite 24 enthüllt werden.

Zum Schluss ist noch das Ziel des WTB zu erwähnen, **Bauunternehmer bei allen ihren Herausforderungen zu unterstützen**. So bleibt die Knappheit der Wasservorräte – trotz der Starkregenereignisse dieses Sommers – eine bedeutende gesellschaftliche Herausforderung. In diesem Zusammenhang besteht ein wachsendes Interesse an der Wiederverwendung von Grundwasser, das während der Arbeiten auf der Baustelle zur Grundwasserabsenkung entnommen wurde. Im Artikel auf Seite 22 wird dieses Thema eingehend behandelt.

Obwohl die täglichen Bedürfnisse von Bauunternehmen zahlreich und vielfältig sind, verpflichten wir uns dazu, darauf so weit wie möglich einzugehen. Dies ist bereits seit über 60 Jahren das Kernprinzip des Bauzentrums und darauf wollen wir auch in Zukunft aufbauen!



Faseroptische Sensortechnologie als Innovationsmotor im Bereich Tiefgründungsverfahren

Die faseroptische Sensortechnologie ermöglicht unter anderem das Monitoring von Strukturverformungen. Doch auch bei Tiefgründungen ist diese Technologie von Nutzen.

M. De Vos, Ir., stellvertretende Leiterin der Abteilung Geotechnik, Strukturen und Beton, WTB

N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung Geotechnik, Strukturen und Beton, WTB

G. Van Lysebetten, Ir., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Geotechnik und Monitoring, WTB

Der Mehrwert der faseroptischen Sensortechnologie

Die faseroptische Sensortechnologie bietet im Bausektor zahlreiche Möglichkeiten, zum Beispiel in den Bereichen:

- Entwicklung der unterschiedlichsten neuen Bausysteme, -komponenten und -materialien
- Langzeit-Monitoring von Kunstbauten im Rahmen von Anwendungen im Bereich vorausschauende Instandhaltung oder Frühwarnsysteme
- Qualitätskontrolle.

Auch im Bereich Tiefgründungsverfahren hat die faseroptische Sensortechnologie zahlreiche Vorteile zu bieten.

Innovationen bei Tiefgründungsverfahren

Innovationen haben in den vergangenen Jahrzehnten bei den Tiefgründungsverfahren eine sehr wichtige Rolle gespielt. So erlebten verschiedene Ausführungsmethoden eine Phase intensiver Weiterentwicklung, wurden Alternativverfahren entwickelt und entstanden sogar neue

Anwendungsbereiche. Einige Beispiele sind verschiedene Verfahren der Schraubpfahlgründung, die Mikropfahl- und Ankertechnologie, die Injektions- und Bodenmischverfahren.

Diese Innovationen sind unter anderem die Folge einer ständigen Suche nach **effizienteren und unter Kostengesichtspunkten optimalen Arbeitsverfahren**. Ermöglicht wird dies beispielsweise durch immer leistungstärkere Maschinen, die immer häufiger mit Ausrüstung zur automatischen Aufzeichnung und Visualisierungstools ausgestattet sind. Dadurch verfügen Maschinenbediener über bessere Möglichkeiten zur Kontrolle in Echtzeit bei der Ausführung eines Gründungselements in der Tiefe, was wiederum der Qualitätsüberwachung zugutekommt.

Dank der hoch entwickelten Sensortechnologie lässt sich die **Leistung von Gründungselementen** (z.B. in den Bereichen Tragfähigkeit, Ankerkapazität, Setzungsverhalten bei Belastung und Verformungen) detailliert erfassen. Dies ist notwendig, um Akzeptanz für innovative Gründungsverfahren zu schaffen und sie mit den einschlägigen Normen in Einklang zu bringen.

1 | Einsatz von faseroptischen Sensoren in einem Schlitzwandelement (links) und einem Bodenanker (rechts).



WTB



WTB



2 | Einsatz von faseroptischen Sensoren in einem bodenverdrängenden Schraubpfahl (links) und einem Mikropfahl (rechts).

Faseroptische Sensortechnologie bei Tiefgründungen

Das WTB hat bereits 2007 begonnen, Prototypen für faseroptische Sensoren zu entwickeln, die sich in Gründungselemente einbetten lassen. Mittlerweile werden diese Sensoren regelmäßig eingesetzt und gibt es praktisch keine Beschränkungen mehr für deren Einbettung in die unterschiedlichsten Arten von Gründungselementen, von Schlitzwandelementen und Spundwänden über Anker bis hin zu (Mikro-)Pfahlsystemen und Bodenverbesserungselementen aller Art.

So zeigt Abbildung 1 auf der vorherigen Seite ein Beispiel für den Einsatz von faseroptischen Sensoren in einem Probe-Schlitzwandelement für die Oosterweel-Verbindung in Antwerpen und die Einbettung eines Kabels für einen faseroptischen Sensor in einen aus Strängen mit Vorspannstahl bestehenden Probeanker auf einer Baustelle im Stadtteil Gasthuisberg in Löwen. Abbildung 2 illustriert die Einbettung von Kabeln für faseroptische Sensoren in einen bodenverdrängenden Schraubpfahl auf einer Baustelle in Mons (wobei das Sensorkabel mit Zementmörtel in einem dafür vorgesehenen, an der Bewehrung befestigten Leerrohr befestigt wird) und die Einbettung in einen mit selbstbohrenden Hohlstäben ausgeführten Mikropfahl auf einer Baustelle in Rotterdam (wobei das Sensorkabel gleich nach der Ausführung in den Mikropfahl eingebettet wird).

In der Praxis

Zur Förderung der Anwendung der faseroptischen Sensortechnologie in Unternehmen führt das WTB – das in diesem Bereich bereits viel Erfahrung aufgebaut hat – in Zusammenarbeit mit der KU Leuven derzeit das von der VLAIO geförderte COOCK-Projekt, 'Monitoring van structuren en systemen met optische vezel' (Faseroptisches Monitoring von Strukturen und Systemen) durch. Weitere Informationen (z.B. Präsentationen, Webinare und Fallbeispiele) zur faseroptischen Sensortechnologie und baubezogenen Anwendungen finden Sie auf der Projekt-Website www.ovmonitoring.be.

Bedeutung von instrumentierten Belastungsprüfungen für im Grundbau tätige Unternehmen

Für Unternehmen, die Gründungsarbeiten ausführen, ist die faseroptische Sensortechnologie vor allem hilfreich, um Belastungsprüfungen zu unterziehende Tiefgründungen mit Instrumenten auszurüsten. Eine Belastungsprüfung beinhaltet die stufenweise Belastung des Gründungselements bis zu einer zuvor festgelegten Höchstbelastung oder bis zum Versagen der Gründung (siehe Abbildung 3).

Dank der Ausrüstung mit faseroptischen Sensoren lässt sich im Verlauf der Prüfung zu jedem Zeitpunkt die **Lastübertragung von der Gründung auf die verschiedenen Bodenschichten** evaluieren. So erhalten Bauunternehmen detaillierte Informationen über die Leistungsfähigkeit ihres Systems und können es dadurch genauer dimensionieren.

Die Art und Weise, wie dies in Belgien zu geschehen hat, ist im [WTB-Bericht 20](#) beschrieben, der in Kürze anwendbar sein wird (siehe [Les Dossiers du CSTC 2020/6.1](#)). Dieser Bericht bietet außerdem einen aus einem ATG-System mit Zertifizierung (oder gleichwertig) bestehenden Qualitätsrahmen für Ausführende von Pfahlgründungen. Unter anderem hierdurch werden solche instrumentierten Prüfungen für im Bereich Tiefgründungen tätige Unternehmen noch wichtiger. ◆

3 | Aufbau einer Pfahl-Belastungsprüfung.





Die Bedeutung des Unterdachs bei Starkregen

Die Wasserdichtigkeit eines geneigten Dachs hängt stark von der Art, der Neigung und der sorgfältigen Ausführung der Dachdeckung ab. In einer Studie des WTB wurde jedoch nachgewiesen, dass diesbezüglich bei Starkregen auch das Unterdach eine wichtige Rolle zu spielen hat. Auf dessen Ausführung sollte folglich besonderes Augenmerk gelegt werden.

*B. Michaux, Ir., Leiter der Abteilung Materialien, Dächer und Umweltleistung, WTB
D. De Bock, Ing., Hauptberater, Abteilung Technische Gutachten und Beratung, WTB*

Seltsamerweise gibt es bislang keine einzige belgische oder europäische Norm zur Einstufung des allgemeinen Verhaltens von Dachdeckungen bei Starkregen. Diesbezüglich kann höchstens auf einen Bericht des Europäischen Komitees für Normung (CEN/TR 15601:2012) zurückgegriffen werden, aber dieser hat nicht den Status einer Norm. Außerdem stimmen die in diesem Bericht definierten Regen-Wind-Kombinationen nicht mit den Daten der verschiedenen belgischen Wetterstationen überein. Daher wurden im Rahmen der **pränormativen Studie ‚Rainroof‘** des WTB auch einige häufiger auftretende Witterungsverhältnisse untersucht.

Wir konnten feststellen, dass auch in diesen Fällen Wassereintritte unter der Dachdeckung auftraten. Diese waren zwar weniger schwerwiegend als bei sehr schlechten Witterungsverhältnissen, kamen aber recht häufig vor.

Kombination von Dachdeckung und Unterdach

Wenn die vom Hersteller vorgeschriebenen Mindestneigungen und -überlappungen zwischen den Dachdeckungselementen eingehalten werden, scheint die aus der Dachdeckung und dem (aus Platten oder Membranen aufgebauten) Unterdach gebildete **doppelte Abdichtung** eine ausreichende Wasserdichtigkeit zu bieten.

Die Rolle des Unterdachs sollte man jedoch nicht unterschätzen. Denn es ist für das **Auffangen von eingedrungenem Wasser** und dessen **Ableitung zu den Regenrinnen** zuständig. Während neue Dächer grundsätzlich immer ein Unterdach haben, gilt dies nicht notwendigerweise für Bestandsdächer. Deshalb sollte in diesem Fall bei der Sanierung der Dachdeckung oder der Einrichtung des Dachgeschosses zur Vermeidung möglicher Probleme stets ein Unterdach angebracht werden.

Aus unserer Studie geht auch hervor, dass **das reine Vorhandensein eines Unterdachs zur Gewährleistung der Wasserdichtigkeit nicht ausreicht**. Daher wird davon

abgeraten, die Wärmedämmung und die Innenverkleidung anzubringen, solange die Dachdeckung noch nicht verlegt ist.

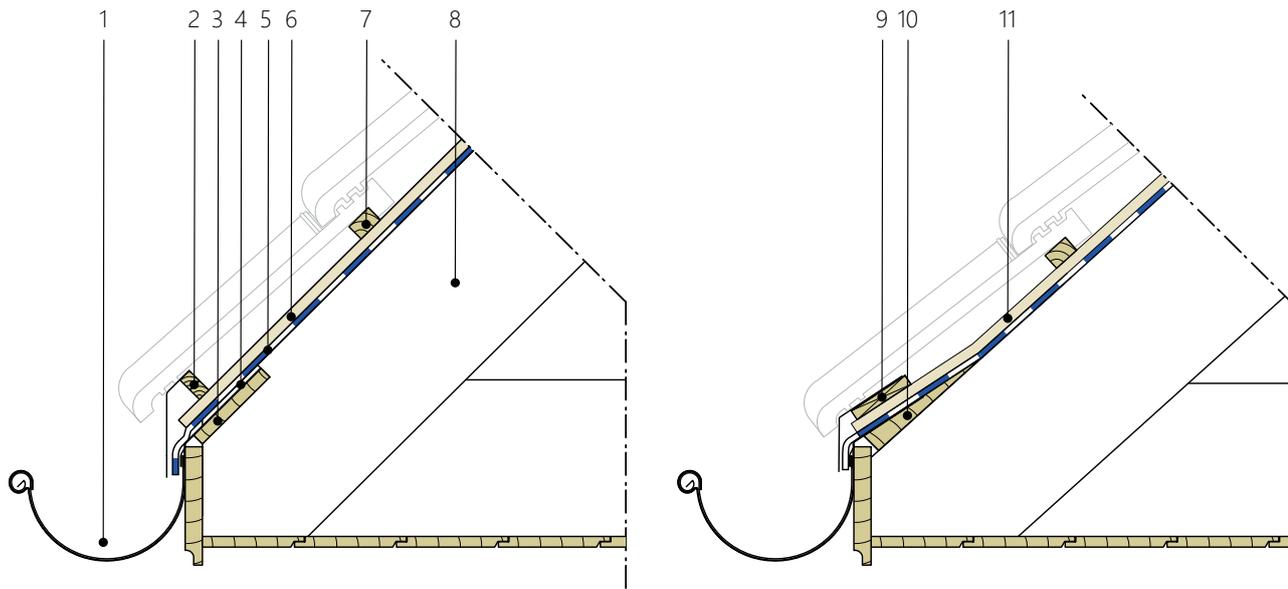
Wassereintritte vorbeugen

Da Wassereintritte dazu führen, dass **Latten und Konterlaten Feuchtigkeit ausgesetzt sind**, empfiehlt es sich, gegen Insektenbefall und Holzfäule behandeltes Holz (mindestens Verfahren A2) zu wählen. Beim Einbau der Dämmung sollte man auch eine Anhebung des Unterdachs vermeiden, da von ihm aufgefangenes Wasser in diesem Fall zu den Konterlaten geleitet werden würde, was das Risiko auf Wassereintritte in Höhe der Unterdachbefestigungen erhöht.

Eine weitere Folge wäre, dass die **Wärmedämmung** bei einer extremen Belastung der Dachdeckung und des Unterdachs (oder kumulativem Versagen beider) **beeinträchtigt werden könnte**, weil sie indirekt den Wetterelementen ausgesetzt werden würde. Wassereintritte treten zwar in solchen Situationen meist nur sporadisch auf, können aber stellenweise dazu führen, dass die Dämmung feucht wird.

Außerdem sollte stets auf die Dauerhaftigkeit und Wasserdichtigkeit des Unterdachs geachtet werden, und zwar unter anderem durch folgende Maßnahmen:

- Einhaltung der empfohlenen maximalen Zeitspanne zwischen dem Einbau des Unterdachs und der Ausführung der Dachdeckung
- Sicherstellung einer ausreichenden Überlappung und/oder einer geeigneten Verklebung der Dachbahnen des Unterdachs
- sorgfältiger Verlegung der bei starren Unterdächern stellenweise erforderlichen Verbindungsmembranen
- Vorsehen von ausreichend hohen Konterlaten (mindestens 15 mm für konventionelle Dächer und 30 mm für Sarking-Dächer), damit das Wasser, das sich in Höhe des Unterdachs sammelt, ordnungsgemäß zu den unteren Bereichen der Dachflächen abgeleitet wird.



- | | | | |
|------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Dachrinne | zwischen Dachrinne und | 6. Konterlatte | 9. Traufbohle |
| 2. Erhöhte Dachlatte | Unterdach aus Metall | 7. Vorletzte Dachlatte von | 10. Abgeschrägte Traufbohle |
| 3. Traufbohle | oder Kunststoff | unten | 11. Gebogene Konterlatte |
| 4. Verbindungsstreifen | 5. Unterdach | 8. Sparren | |

1 | Halbrunde Dachrinne.

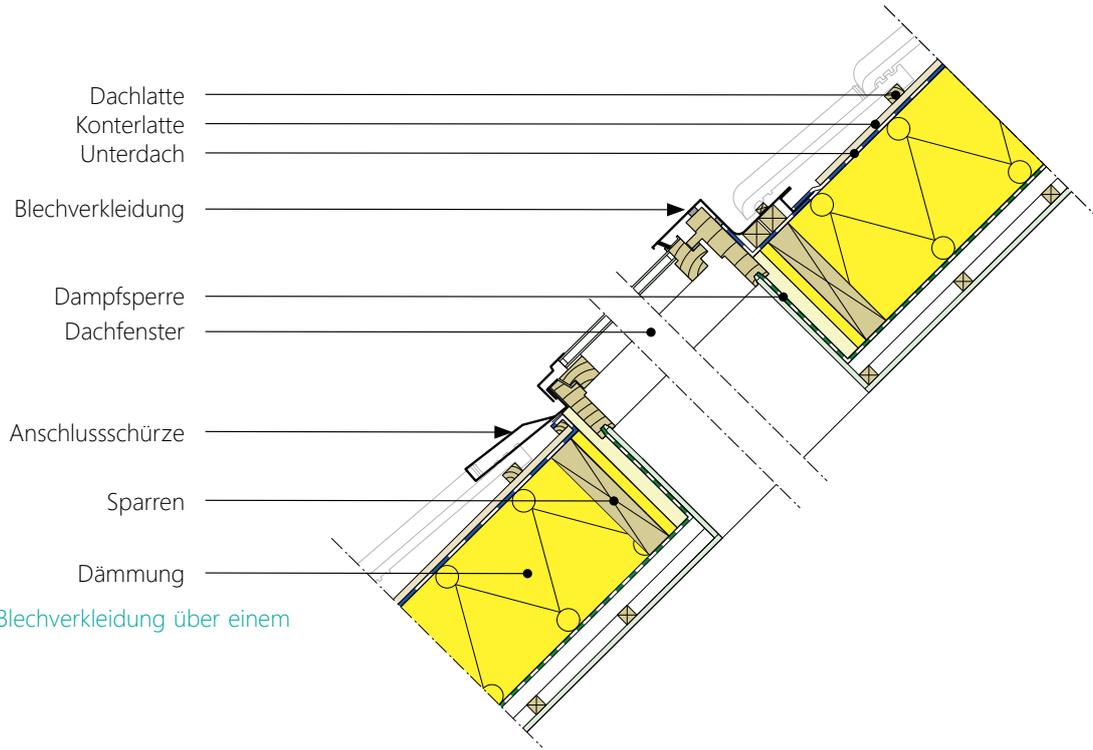
Dachflächen weisen in der Regel **eine Vielzahl von Durchdringungen** auf (z.B. Fenster und Schornsteine). Da Letztere ein größeres Risiko auf das Eindringen von Wasser mit sich bringen, sollte besonderes Augenmerk auf den Entwurf und die Ausführung der betreffenden Details gelegt werden, insbesondere in Höhe des Unterdachs. Es geht dabei unter anderem um folgende Aspekte:

- Ausführung eines Details im unteren Bereich der Dachfläche, bei dem die Ansammlung von Wasser in Höhe des Unterdachs durch das Anbringen der Traufbohle innerhalb

der Sparrenhöhe oder durch Abschrägen der Traufbohle (siehe Abbildung 1) vermieden wird

- korrekte Montage der Blechverkleidung über jeder Durchdringung (siehe Abbildung 2).

Im weiteren Verlauf des Projekts werden nicht nur die Bedingungen der Belüftung des Bereichs zwischen Dachdeckung und Unterdach untersucht werden, sondern auch die Dachdetails beurteilt werden, da diese im CEN-Bericht nicht behandelt werden. ◆



2 | Anordnung einer Blechverkleidung über einem Dachfenster.

Welche Vorteile bietet die Unterteilung einer Flachdachdämmung in mehrere getrennte Bereiche?

Das Vorhandensein einer Dampfsperre bei einem Flachdach erschwert das Aufspüren eventueller Wassereintritte. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Dampfsperre wasserdicht ist (z.B. bei Verwendung als temporäre Abdichtung), da sie dann eine Verteilung des Wassers im Dachaufbau zulässt. Dieses Problem lässt sich jedoch dadurch beheben, dass die Dämmschicht in regelmäßigen Abständen in getrennte Bereiche unterteilt wird. Diese Vorgehensweise, die bislang wenig verbreitet ist, wird in der überarbeiteten Fassung der [TI 215](#) behandelt.

*E. Noifalisse, Ir., Leiterin des Laboratoriums Dämmung, Abdichtung und Dächer, WTB
E. Mahieu, Ing., Leiter der Abteilung Technische Gutachten und Beratung, WTB*



Prinzip der Unterteilung in getrennte Bereiche

Die Unterteilung in getrennte Bereiche beinhaltet die Herstellung einer Verbindung zwischen Dachabdichtung und Dampfsperre, sofern diese kompatibel sind (siehe Abbildung 1 auf der nächsten Seite). Es gibt auch eine Reihe von Lösungen für Materialien, die nicht kompatibel sind, oder für den komplizierteren Fall einer zweilagigen Dämmung (siehe [Les Dossiers du CSTC 2019/2.3](#)).

Das Verfahren der Unterteilung unterscheidet sich von einem reinen Verschließen am Ende des Tages. Denn Letzteres ist nur eine temporäre Maßnahme zum Schutz der Dämmung vor den Witterungsverhältnissen und genügt nicht notwendigerweise zur Erfüllung der in diesem Artikel beschriebenen angestrebten Funktion. Hauptzweck der Unterteilung ist es, **die Verbreitung des eingedrungenen Wassers und das Feuchtwerden der Dämmung zu beschränken**, und zwar ungeachtet des Montageverfahrens des Dachaufbaus (vollflächige Haftung, teilweise Haftung, mit Auflast oder mechanischer Befestigung). Wenn die Unterteilung mit zerstörungsfreien Messungen zur Leckdetektion verbunden ist und/oder die Dampfsperre wasserdicht ist (keine Polyethylenfolie und keine die Dampfsperre durchdringende mechanische Befestigung) und mit vollflächiger Haftung auf einem Material angebracht wird, das die Wasserzirkulation verhindert (z.B. Beton anstelle einer poröseren, zum Beispiel aus Porenbeton bestehenden, Gefälleschicht), kann sie auch für die **Lokalisierung eventueller Lecks** von Nutzen sein.

Implikationen

Dank der Unterteilung in getrennte Bereiche erhält die

Dampfsperre eine zusätzliche Funktion, die eher in Richtung einer Dachabdichtung geht. Dies ist ein entscheidender Aspekt bei der Wahl einer Dampfsperre. Da dieses Verfahren – wegen der damit verbundenen zusätzlichen Materialien und Arbeitsschritte – **Mehrkosten** mit sich bringt, ist es außerdem wichtig, es bereits in der Planungsphase vorzusehen.

Planer sollten auch darauf achten, dass **die Abmessungen der Bereiche in der Leistungsbeschreibung angegeben sind**, damit der Auftrag für den Auftragnehmer klar definiert ist. Bei der Festlegung dieser Maße sollte in erster Linie das Risiko eines Wasserstaus berücksichtigt werden. In Anbetracht der Tatsache, dass dieses Risiko an den Rändern und in den Ecken größer ist, empfiehlt es sich, dort kleinere Bereiche vorzusehen. Gleiches gilt bei den verschiedenen Dachdurchbrüchen und insbesondere bei den Dachabläufen (siehe TI 244). Entscheidend für die Abmessungen der einzelnen Bereiche sind auch die Größe des Dachs und die Verlegegeschwindigkeit (die z.B. bei mechanisch befestigten Industriedächern hoch ist).

Da die Unterteilung auch später noch nützlich sein kann, sollte sie von der in der Leistungsbeschreibung benannten zuständigen Person auf den **Baubestandsplänen** angegeben werden.

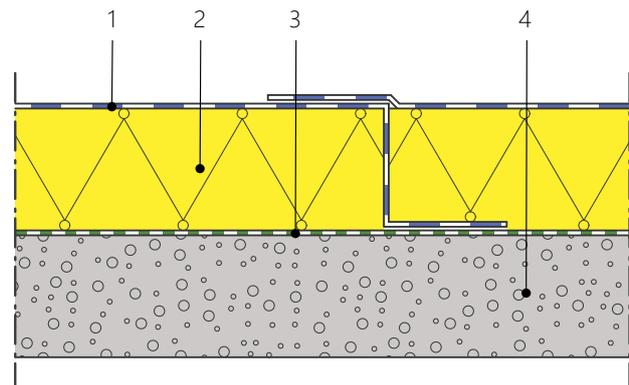
Wann sollte eine Unterteilung in getrennte Bereiche vorgenommen werden?

Die Unterteilung ist bislang noch kein gängiges Verfahren. Planer sollten bei der Entscheidung, ob man es anwendet oder nicht, und zur Festlegung der Abmessungen der Bereiche **jeden Einzelfall** je nach den Risiken und Folgen (einer eventuellen Verteilung von Feuchtigkeit, für das spätere Aufspüren von eingedrunenem Wasser ...) **gesondert beurteilen**.

Wenn die Dachabdichtung **schwer erreichbar** ist (z.B. Terrasse, Garten, technische Anlagen, Solarpaneele oder Parkplatz) ist eine Unterteilung in getrennte Bereiche umso mehr geboten.

Details und Anschlüsse

In der TI 244 wird empfohlen, **die Dämmung rund um Dachdurchbrüche** – und insbesondere in der Umgebung der Dachabläufe (siehe Abbildung 2) – **in getrennte Berei-**



1. Dachabdichtung
2. Dämmung
3. Dampfsperre, die mit der Dachabdichtung kompatibel ist
4. Dachdecke

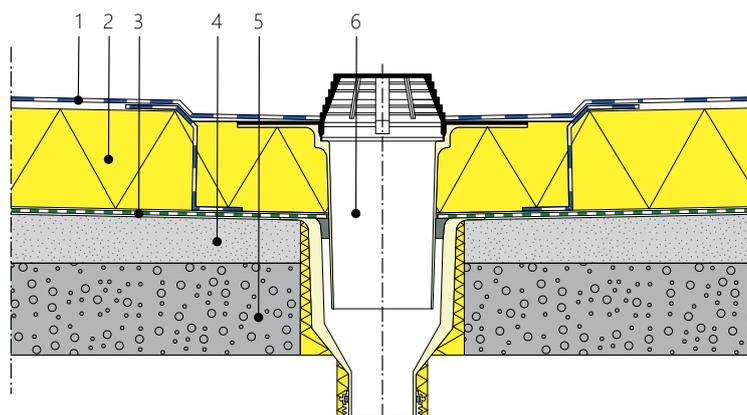
1 | Unterteilung der Dämmung in getrennte Bereiche, falls Dachabdichtung und Dampfsperre kompatibel sind.

che zu unterteilen, damit im Falle von Wassereintritten oder eines Rückflusses die Verteilung des Wassers begrenzt bleibt.

Diese Methode verringert auch die durch eine Unterbrechung der Dampfsperre entstehenden Folgen einer **Kondensation im Inneren**. Denn bei bestimmten Details ist eine korrekte Verbindung der Dampfsperre mit dem Dachdurchbruch nicht immer einfach, aber in folgenden Fällen erforderlich:

- bei luftdurchlässigen Dachdecken zum Erhalt eines luftdichten Anschlusses und zur Vermeidung von Konvektionsströmen
- bei luftdichten Dachdecken, falls zur Vermeidung von Dampfdiffusionsproblemen eine Dampfsperre der Klasse E2 oder höher erforderlich ist.

Für einen guten Anschluss zwischen der Dampfsperre und dem Dachablauf wird in der TI 244 vorgeschlagen, einen **Dachablauf mit doppelter Abdichtung** zu verwenden, wenn die Dampfsperre mindestens zur Klasse E2 gehört (siehe Abbildung 2). Da es bislang nicht üblich ist, Abläufe dieses Typs einzubauen, wird eine Unterteilung in getrennte Bereiche die Folgen eines eventuellen Kondensationsproblems begrenzen können, auch wenn sie die Funktion eines Ablaufs mit doppelter Abdichtung nicht in vollem Umfang erfüllen kann. ◆



1. Dachabdichtung
2. Dämmung
3. Dampfsperre, die mit der Dachabdichtung kompatibel ist
4. Gefälleschicht
5. Dachdecke
6. Dachablauf

2 | Dachablauf mit doppelter Abdichtung und Unterteilung in getrennte Bereiche rund um den Dachdurchbruch.

Wandaufbau bei Holzkonstruktionen mit Hinterlüftungsspalt

In den vergangenen fünf Jahren untersuchte das WTB das Wasserdampfdiffusionsverhalten der Wände von Holzkonstruktionen. Diese Studie zielte auch darauf ab, das tatsächliche hygrothermische Verhalten unterschiedlicher Wandaufbauten mit den Ergebnissen einer Reihe von Simulationen zu vergleichen. Dies versetzt uns in die Lage, die theoretischen Simulationen zu validieren und auf Wandaufbauten anzuwenden, die im Rahmen des Projekts nicht berücksichtigt worden wären.

B. Michaux, Ir., Leiter der Abteilung Materialien, Dächer und Umweltsleistung, WTB

Im Rahmen dieser Studie wurden zwei Holzskelettbauten mit jeweils 42 Wänden errichtet (Flach- und Steildächer, vertikale Wände und Böden auf einem belüfteten Kriechkeller). Eines der Gebäude wurde für die Raumklimaklasse II und das andere für die Raumklimaklasse III konditioniert. Kennzeichnend für diese Klassen ist der in den Räumen herrschende Dampfdruck. Im ersten Gebäude betrug die Temperatur 18 °C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65 % und im zweiten Gebäude 18 °C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85 %. Die auf diese Weise erzeugten Bedingungen der

Klasse III entsprachen Situationen, in denen Lüftung oder Klimatisierung zu wünschen übrig lassen.

Das WTB untersuchte unter anderem einige **Wände mit Hinterlüftungsspalt**. Dabei wurden verschiedene Arten von Konstruktionswerkstoffen (z.B. leichtes Skelett und Brettsperholz (CLT)), Dämmmaterialien (z.B. Wolle, Fasern, Kunststoff und Einblasdämmung) und Dichtungssperren (z.B. Dampfbremse, Dampfsperre und Regensperre in Form einer Platte oder Membran) miteinander kombiniert.





Die Wände wurden mit Sensoren ausgerüstet, um die relative Luftfeuchtigkeit und den Feuchtigkeitsgehalt der Materialien zu messen. Die Studie des WTB konzentrierte sich vor allem auf die zuletzt genannten Messungen. Denn der **Feuchtigkeitsgehalt des Holzes** sollte immer unter 20 % bleiben, um (ohne spezielle Maßnahmen) Verrottung, Schimmel oder andere mögliche Probleme wie beispielsweise das Absacken der Dämmung zu vermeiden.

Die Nachverfolgung und das Monitoring der Wände, die über vier Jahre hinweg durchgeführt wurden, und die Extrapolationen anhand der Simulationssoftware bestätigten die folgenden Prinzipien:

- Die **aussteifende Beplankung** sollte vorzugsweise an der Innenseite der Wände angebracht werden. Falls das Bauprinzip jedoch eine Anbringung der aussteifenden Beplankung an der Außenseite erfordert, sollte der Wasserdampfdurchlässigkeitsfaktor (μ) der Dampfsperre mehr als 20 m betragen (um Kondensation infolge des Dampftransports nach außen zu vermeiden) und muss der Luftspalt intensiv belüftet werden, damit der Feuchtigkeitsgehalt dieser Beplankung möglichst konstant bleibt
- Wenn der μ -Wert der Dampfsperren 5 m übersteigt und die Luftspalte belüftet sind, hat die **Ausrichtung der Fassade** keinen Einfluss auf das hygrothermische Verhalten der Wände, und zwar unabhängig von der Art der Verkleidung
- Bestimmte Platten wie beispielsweise **OSB-Platten** weisen *in puncto* Dampfdichte erhebliche Unterschiede auf (Schwankungen infolge des Feuchtigkeitsgehalts, aber auch infolge der Heterogenität des Materials und der Herstellungsweise). Die Verwendung dieser Platten als Dampfbremse ist nur bei Raumklimaklasse II und einer Außenhülle mit einer wesentlich höheren Wasserdampfdurchlässigkeit (d.h. einem Innen-Außen-Verhältnis des μ -Werts von mehr als 10) möglich. Falls diese Voraussetzungen nicht erfüllt

werden, sollte eine zusätzliche Dampfsperre vorgesehen werden. Diese Membran kann zwischen der Platte und der Konstruktion oder zwischen der Platte und der Lattung der Vorsatzschale angebracht werden

- Die **feuchtigkeitsregulierende Funktion** eines Dämmstoffs lässt sich nur aktivieren, wenn der μ -Wert der Dampfbremse relativ niedrig ist ($< 0,8$ m). Da der größte Teil der in der Dämmschicht gespeicherten Feuchtigkeit wieder nach außen abgeführt wird und die Raumluft nur in geringem Umfang wiederbefeuchten kann, wird man zur Regulierung dieser Feuchtigkeit auf andere vollständig aktivierbare Materialien innerhalb des geschützten Gebäudevolumens zählen müssen. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei auch die Raumlüftung
- Wenn die Außenhülle über eine wesentlich höhere Wasserdampfdurchlässigkeit verfügt, ist die **Verwendung einer Dampfbremse mit einem variablen μ -Wert** für die Raumklimaklassen I oder II wirkungsvoll. Im Falle der Raumklimaklasse III kann der Feuchtigkeitsgehalt der Materialien (und insbesondere des Holzes) jedoch über mehrere Wochen hinweg steigen und auf mehr als 20 % anwachsen, was zu einem großen Risiko auf Schimmelbildung führt.

Bei **Platten aus Brettsperrholz (CLT)** mit einer Außen-dämmung ist der Einbau einer Dampfsperre zwischen der Dämmschicht und den CLT-Platten eine gute Lösung.

Für die meisten Konfigurationen liefern die Simulationen und das Monitoring ähnliche Ergebnisse. Wenn die Dampfbremsen oder Regensperrn jedoch aus Materialien mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit (z.B. OSB) aufgebaut sind, können die Ergebnisse auch abweichen. Daher sollte bei Simulationen auf eine hinreichend große Sicherheitsmarge geachtet werden. 



Verwendung von Lehmputzen zur Oberflächenbehandlung im Innenbereich

Die Wahl natürlicher, regionaler Materialien mit geringeren Umweltauswirkungen ist seit den letzten Jahren stark auf dem Vormarsch. Bemerkbar macht sich dies auch im steigenden Interesse an Ton- und Lehmputzen. Dabei handelt es sich um natürliche Putze auf Basis von ungebrannter Erde. Bei der Entscheidung für Tonputze sollte jedoch ihre Feuchtigkeitsempfindlichkeit und ihre im Vergleich zu den gängigen Innenputzen geringere mechanische Festigkeit berücksichtigt werden.

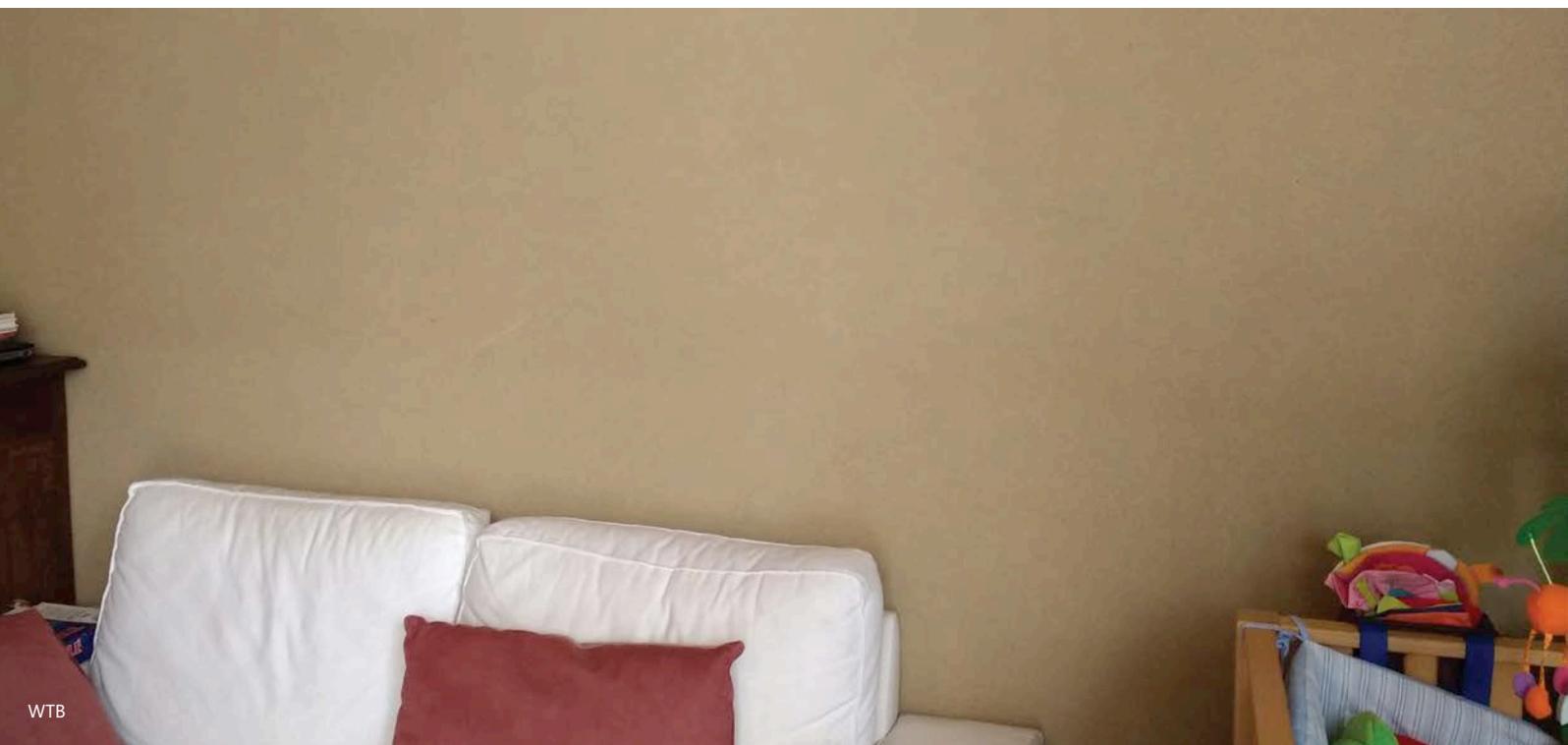
I. Dirx, Ir., stellvertretende Leiterin des Laboratoriums Baumaterialien, WTB

Lehm- oder Tonputze lassen sich als Innenputze verwenden. Sie bestehen aus **Ton, Schluff, Sand und eventuellen Zusätzen**. Das Bindemittel dieser Putze ist Ton. Der Begriff ‚Lehm‘ verweist auf die Bodenart, mit der die Putze hergestellt werden. Je nach dem Verhältnis der Bestandteile spricht man von ‚fettem‘ Lehm (enthält mehr Ton) oder ‚magerem‘ Lehm (enthält mehr Schluff und/oder Sand).

Die Aushärtung von Lehmputzen erfolgt durch **physikalische Trocknung** ohne das Auftreten chemischer Reaktionen.

Wenn sie mit Wasser in Berührung kommen, werden sie wieder weich. Mit zunehmender Wassermenge verringern sich die Bindungskräfte.

Für die Herstellung von Lehmputzen wird wenig Energie benötigt. Denn der Ton muss nicht erwärmt werden und es ist nur eine mechanische Behandlung (feines Mahlen, Sieben) erforderlich. Da keine chemische Reaktion stattfindet, lassen sich diese Putze problemlos recyceln und wiederverwenden.





Mechanische Leistungsfähigkeit von Lehmputzen nach der Produktnorm DIN 18947 (*).

Eigenschaft		Druckfestigkeit	Biegefestigkeit	Haftfestigkeit
Festigkeitsklasse	S1	≥ 1,0 N/mm ²	≥ 0,3 N/mm ²	≥ 0,05 N/mm ²
	S2	≥ 1,5 N/mm ²	≥ 0,7 N/mm ²	≥ 0,10 N/mm ²

(*) Hinweis: Bis heute gibt es noch keine europäische oder belgische Norm für Lehmputze. Es wurde jedoch mit der Erstellung einer belgischen Norm für Lehmputze begonnen.

Eigenschaften

Lehmputze sind in Anbetracht des starken Schwunds, der bei ihrer Aushärtung auftritt, sehr **anfällig für Rissbildung**. Um Abhilfe zu schaffen, werden oft pflanzliche Fasern (z.B. Stroh oder Flachs) oder sogar vollflächig Armierungsgewebe hinzugefügt. Trotz dieser Maßnahmen lässt sich das Auftreten von Rissen jedoch nie völlig ausschließen.

Lehmputze sind auch **feuchtigkeitsempfindlich**. Direkter Kontakt mit Wasser sollte vermieden werden. Von der Anwendung in Feuchträumen (z.B. Badezimmern) oder in Bereichen, in denen die Putze mit Spritzwasser in Berührung kommen können, ist mit anderen Worten abzuraten.

Außerdem weisen Lehmputze **schwächere mechanische Eigenschaften** auf als gängige Gips- und Kalkputze. Sie verfügen beispielsweise in der Regel über eine geringere Druck- und Biegefestigkeit. Dies hat zur Folge, dass die Putzoberfläche anfälliger für Abnutzung und Beschädigungen ist. Die Haftung am Untergrund ist im Vergleich zu anderen Innenputzen eher mittelmäßig bis schwach, aber bei stabilen Untergründen ausreichend. Von Leistungswerten, die unter denen der Klasse S1 (siehe Tabelle) liegen, ist unseres Erachtens dringend abzuraten. Lehmputze sind folglich kein geeigneter Untergrund für einen Fliesenbelag.

Die obige Tabelle bietet einen Überblick über die Leistungsfähigkeit von Lehmputzen nach der Produktnorm DIN 18947. Für die Eigenschaften anderer Innenputze verweisen wir auf [Les Dossiers du CSTC 2014/2.8](#).

Lehmputze können im Hinblick auf eventuelle Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit des Raumklimas eine Pufferwirkung entfalten. Diese Eigenschaft lässt sich anhand des ‚Moisture Buffer Value‘ bewerten (MBV, ermittelt gemäß Nordtest-Report BYG DTU R-126, 2005). Obwohl Lehmputze abhängig von ihrer Dicke und Oberflächenbehandlung gute feuchtigkeitsregulierende Eigenschaften (MBV 1-2 g/(m²%rF)) haben können, dürfen sie keinesfalls als Ersatz für ein effizientes Lüftungssystem eingesetzt werden.

Lehmputze werden in der Fachliteratur als Putze mit verbesserten schallabsorbierenden Eigenschaften hervorgehoben. Dies wird jedoch nur bei porösen Putzen (häufig Spritzputzen) der Fall sein. Die Oberflächenbehandlung hat einen starken Einfluss auf den Schallabsorptionskoeffizienten, wie in [Les Dossiers du CSTC 2021/2.6](#) erläutert wurde.

Ausführung und Erscheinungsbild

Ein Lehmverputz besteht meist aus **zwei oder mehr Putzschichten**: einem Unterputz und einem Oberputz. Der dickere Unterputz (10 mm oder mehr) enthält größere Fasern und gleicht eventuelle Unebenheiten im Untergrund aus. Nach der Trocknung des Unterputzes kann ein Oberputz (2 bis 5 mm) aufgetragen werden, der die gewünschte Farbe und das gewünschte Erscheinungsbild bietet. Auch eine einlagige Ausführung ist möglich, vorausgesetzt der Untergrund ist homogen und eben und weist ein gleichmäßiges Saugverhalten auf. Ist dies nicht der Fall, besteht die Gefahr, dass sich der Aufbau des Untergrunds durch Unterschiede im Trocknungsverhalten an der Putzoberfläche abzeichnet.

Gründe für die Wahl von Lehmputzen sind in der Regel ihr typisches, von Erdfarben geprägtes rustikales Erscheinungsbild und ihre weniger glatte Struktur. Nuancenunterschiede müssen in Anbetracht des natürlichen Materials und der manuellen Ausführung in einem gewissen Umfang akzeptiert werden. Da Lehmputze bereits die gewünschte Farbe und Struktur aufweisen können, ist keine weitere Oberflächenbehandlung (z.B. Farbschicht) notwendig. Falls doch eine Oberflächenbehandlung vorgenommen werden soll, empfiehlt es sich, eine Lehmfarbe oder ein anderes dampffernes Farb- oder Putzsystem zu wählen.

Dank der Wasserlöslichkeit der Lehmputze lassen sich Beschädigungen oder Mikrorisse in gewissem Umfang durch leichtes Anfeuchten des Putzes ausgleichen. Diese Ausbesserungsmaßnahmen können zu leichten Farbunterschieden führen. Bei fragilen oder sandigen Oberflächen (z.B. infolge eines geringeren Tongehalts des Lehmputzes) besteht die Möglichkeit, zur Fixierung der Oberfläche ein farbloses Harz oder eine Spezialfarbe aufzutragen. Es ist in jedem Fall ratsam, vor jeder Nachbehandlung den Hersteller zurate zu ziehen. Man sollte auch nicht außer Acht lassen, dass jede Vor- und Nachbehandlung Auswirkungen auf die Möglichkeiten eines Recyclings des Lehmverputzes hat. ◆

Dieser Artikel wurde im Rahmen der pränormativen Studie ‚Clay-Bio-Masonry‘ und der Normen-Außenstelle ‚Parachèvement‘ verfasst, die vom FÖD Wirtschaft bezuschusst wird.



Nutzen Sie Ihr Werkzeug effizient mit der 5S-Methode

Als Fliesenleger verwenden Sie bei der Ausführung von Fliesenarbeiten Werkzeuge unterschiedlicher Art. Wichtig ist hierbei für die Verlängerung der Werkzeuglebensdauer die richtige Verwendung und Wartung Ihres Materials. Außerdem wird der effiziente Einsatz Ihres Werkzeugs auch einen großen Einfluss auf die Qualität Ihrer Fliesenarbeiten und die Rentabilität Ihrer Baustelle haben.

*T. Vangheel, Ir, Senior-Hauptberaterin, Abteilung Kommunikation und Ausbildung, WTB
T. Vissers, Ing., stellvertretender Leiter der Abteilung Verwaltung und Qualität, WTB
B. Coemans, Ing., Senior-Hauptberater, Abteilung Verwaltung und Qualität, WTB*

Unübersichtliche Einrichtung eines Lieferwagens.



Auf Baustellen werden oft Fälle von Verschwendung festgestellt (siehe [Les Dossiers du CSTC 2019/3.7](#)), die zwangsläufig zu einer Verringerung der Rentabilität führen. Durch eine effizientere Nutzung des Werkzeugs wird sich jedoch weniger Zeitverschwendung in den Arbeitsalltag einschleichen und ein reibungsloser Arbeitsablauf garantiert werden können (siehe [Les Dossiers du CSTC 2020/3.7](#)). Als Grundlage hierfür lässt sich die 5S-Methode der *Lean Construction* heranziehen (siehe [Les Dossiers du CSTC 2018/2.15](#)). Sie umfasst fünf Schritte und bietet Unternehmen eine Arbeitsstruktur an, die sie in die Lage versetzen soll, systematisch auf allen ihren Baustellen eine **qualitativ hochwertige Arbeitsumgebung** zu schaffen. Diese sollte funktionell, sauber, leicht instand zu halten und sicher sein.

Schritt 1: Sortieren

Der erste Schritt der 5S-Methode beinhaltet sicherzustellen, dass **am Arbeitsplatz nur nützliche und brauchbare Gegenstände vorhanden sind**. Daher ist es wichtig, dass Sie Ihr Material regelmäßig kontrollieren und bei Bedarf austauschen.

Zum Beispiel sollte ein Zahnpachtel, dessen Zähne durch die ständige Reibung am Untergrund zu stark abgenutzt sind, ausgetauscht werden. Denn die mit einem solchen abgenutzten Zahnpachtel aufgetragenen Klebstoffstreifen werden dünner sein als erwartet, und somit wird nach dem Andrücken möglicherweise nicht genug Klebstoff vorhanden sein, um eine durchgehende Klebstoffschicht zu erzielen. Dadurch wird auch die Qualität der Kontaktoberfläche unzureichend sein. Eine lange Abziehlplatte wiederum, die nicht mehr gerade ist, wird zu Buckeln und Dellen und damit zu einer unebenen zu fliesenden Fläche führen.

Wenn Sie spüren oder hören, dass sich das Schneidrad Ihres Fliesenschneiders nicht mehr reibungslos über die Fliese



bewegen lässt, ist es ratsam, ein neues einzubauen. Außerdem empfiehlt es sich, Sägeblätter und Bohrer regelmäßig zu schärfen. Denn bei der Verwendung von Material zum Schneiden und Sägen, das nicht scharf genug ist, besteht die Gefahr, ausgerissene Schnittkanten zu erhalten, die möglicherweise von der Sockelleiste nicht verdeckt werden.

Wichtig ist auch, das Material nur für die Aufgaben zu verwenden, für die es bestimmt ist. Wenn Sie mit Ihrem Werkzeug Druck ausüben oder übermäßig viel Kraft aufwenden müssen, bedeutet dies, dass es für den betreffenden Auftrag nicht geeignet ist, und sollten Sie besser ein anderes wählen.

Schritt 2: Systematisieren

Ganz gleich, ob es sich um Kleinwerkzeuge (z.B. einen Zahnspachtel, ein Rührwerk oder einen Laserentfernungsmesser) oder Größeres (z.B. Fliesenschneider, Schleifmaschinen oder sogar Ihren Lieferwagen) handelt: Ordnung und Systematik sind wichtig. Daher empfiehlt es sich, den eigenen Lieferwagen und Lagerplatz **praktisch und übersichtlich einzurichten**. Denn wenn alles einen festen Ort hat und immer ordentlich an diesem Ort verstaut wird, findet man schnell das, was man benötigt. Außerdem macht ein aufgeräumter Lieferwagen einen professionellen Eindruck.

Indem Sie Ihr Werkzeug in Koffern oder Fächern verstauen, beugen Sie dem Verstauben vor. Wenn das Material im Lieferwagen gut verstaut oder befestigt ist, verringert sich das Risiko einer Beschädigung in Kurven oder bei abrupten Fahrmanövern. Da das Schneidrad des Fliesenschneiders beim Transport beschädigt werden kann, ist es ratsam, vor dem Verstauen und Transportieren die Schneidräder aus Ihrem Fliesenschneider auszubauen.

Schritt 3: Säubern

Ferner kann man auf der Baustelle viel Zeit gewinnen, indem man sicherstellt, dass das gesamte **Material sauber und einsatzbereit** ist. Daher empfiehlt es sich, nach jeder Verwendung Kübel, Rührwerk, Kelle und Zahnspachtel gründlich zu reinigen. Denn angetrocknete Klebstoffreste können sich bei der nächsten Verwendung des Werkzeugs lösen und im Klebstoffgemisch zu Klumpen führen. Außerdem lassen sich anhaftende Klebstoffrückstände viel schwerer entfernen als frischer Klebstoff.

Wenn die Fliesen nicht eben genug und unterstützt auf Ihrem Fliesenschneider aufliegen, können sie anders brechen als erwartet. Die Folge ist, dass man Fliesenreste unter den Brechvorrichtungen hervorholen und den Fliesenschneider entstauben muss.

Bei Verwendung einer elektrischen Fliesenschneidmaschine (z.B. Brückensäge oder Steintrennmaschine) sollte man darauf achten, dass die Kugellager der Brücke oder des Arbeitstischs sauber bleiben. Wenn dies nicht der Fall ist, besteht die Gefahr, dass die Fliesen schief geschnitten werden, was in Ihrem Fliesenbelag zu ungleichmäßigen Fugenbreiten führen kann.

Bei Werkzeug, das geschmiert werden muss, empfiehlt es sich, regelmäßige Schmierungen einzuplanen und dabei geeignete Schmiermittel (z.B. Fett, Öl oder Grafit) zu verwenden. Die Schmierungen werden vorzugsweise auf die Einsatzhäufigkeit und -dauer des Materials abgestimmt. Mit anderen Worten: Je länger und öfter Sie ein bestimmtes Werkzeug verwenden, desto häufiger sollte eine Schmierung eingeplant werden.

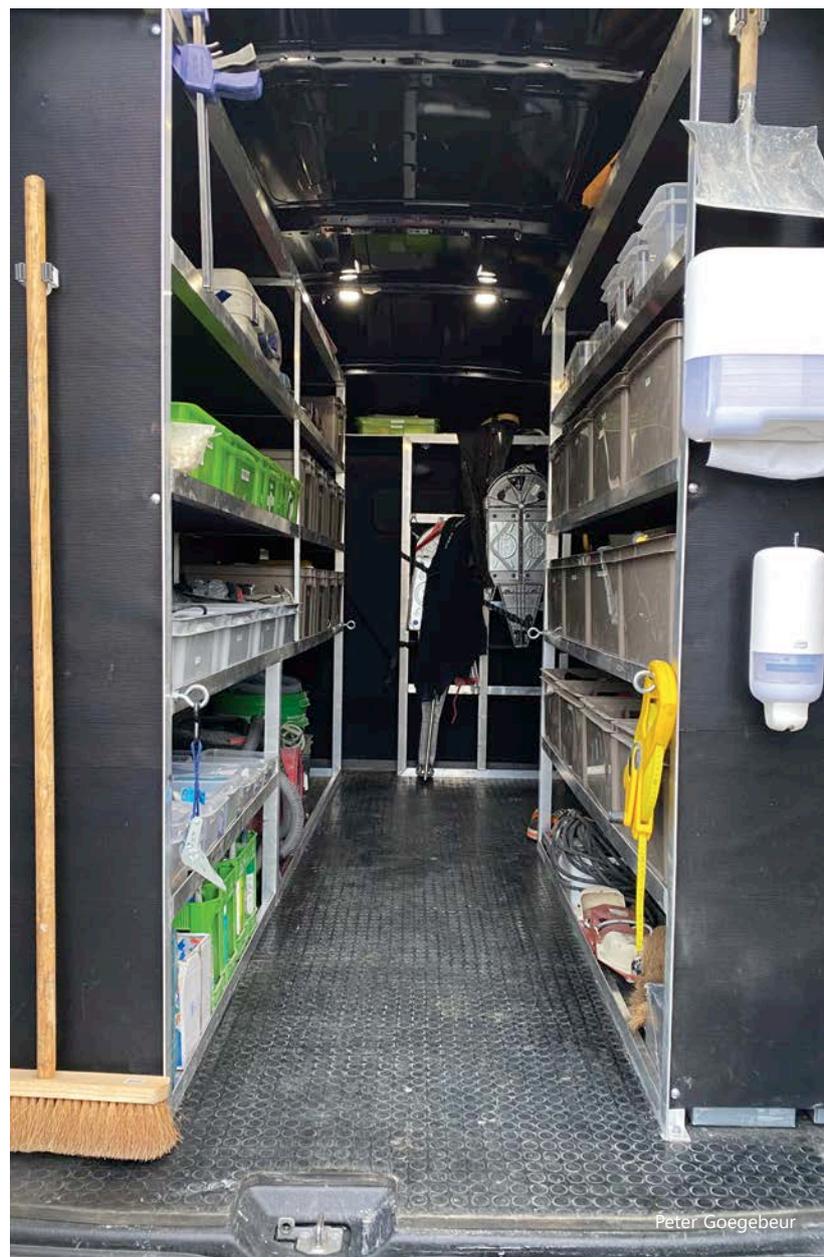
Schritt 4: Standardisieren

Zur Vereinfachung einer Einführung der zuvor genannten Schritte in der Praxis sollten diese **konsequent und einheitlich umgesetzt werden**. Sie können beispielsweise in die Kontrolle bei einem Baustellenrundgang einbezogen werden.

Schritt 5: Selbstdisziplin und ständiges Verbessern

Der letzte Schritt der 5S-Methode beinhaltet das Monitoring einer **systematischen Einhaltung** der zuvor genannten Schritte. ◆

Übersichtliche Einrichtung eines Lieferwagens.



Auftreten von Brüchen bei Fassadensockeln aus Naturstein

In letzter Zeit wird Naturstein oft als dünne Verkleidung für hinterlüftete Fassaden eingesetzt. Bedauerlicherweise werden manchmal Beschädigungen wie Abblätterungen und Risse im Stein festgestellt. Diese Schadensfälle treten oft in Höhe der Fassadensockel auf.

D. Nicaise, Dr. Sc., Leiterin des Laboratoriums Mineralogie und Mikrostruktur, WTB

1 Mögliche Ursachen

1.1 Mangelhafter Anschluss zwischen Fassade und Boden

Wenn die Fassadensockel im Gebäude verankert sind und der Außenbelag später ausgeführt wurde, kann es vorkommen, dass nach einigen Monaten folgende Phänomene festgestellt werden:

- **mangelhafte Ausrichtung** der Steine
- **Abblätterungen im Stein** in Höhe der Dübel
- **Rissbildung zwischen den seitlichen Verankerungen** beiderseits des Steins (siehe Abbildung 1).

Diese Beschädigungen sind auf den Druck zurückzuführen, den der Außenbelag ausübt, wenn dieser höher liegt als der Fassadensockel. Der Druck entsteht durch:

- **verhinderte Ausdehnung des Außenbelags**, die auftritt, wenn zwischen Belag und Fassadensockel nicht genug Raum vorhanden ist oder dieser mit Mörtel gefüllt ist; dies ist die Hauptursache

- **Volumenvergrößerung bei Fuge oder Außenbelag** in einer Frostphase.

1.2 Stöße bei exponierten Fassadensockeln

Brüche bei Fassadensockeln können auch auf **vereinzelte Stöße** zurückzuführen sein, die unter anderem von Zweirädern verursacht werden (siehe Abbildung 2). Dieses Problem tritt daher häufig bei Gebäuden auf, die an stark frequentierte Straßen oder öffentliche Plätze angrenzen.

Da die Intensität der Stöße im Entwurf nicht immer berücksichtigt wird, ist der Stein in manchen Fällen nicht dick genug, insbesondere wenn die Verankerungen höher liegen als der Boden (z.B. bei sehr hohen Elementen). Bei der Verwendung von zwei Verankerungen werden diese in der Regel in einem Drittel der Höhe angebracht. Je höher sie liegen, umso größer wird das Risiko einer Beschädigung.



1 | Risse zwischen den Verankerungen.



2 | Bruch von Steinen infolge vereinzelter Stöße.

2 Präventive Lösungen

2.1 Anschluss zwischen Fassade und Boden

Zur Ermöglichung einer Ausdehnung des Außenbelags ohne die Entstehung von Spannungen sollte jeder **steife/harte Kontakt** in Höhe des Anschlusses zwischen dem Außenbelag und dem Fassadensockel sowie über die Dicke der Verlegeschieden hinweg (falls der Fassadensockel bis in diese Tiefe reicht) **vermieden werden**.

Die ideale Lösung hierfür ist, **den Fassadensockel oberhalb des Außenbelags beginnen zu lassen**. Da diese Option aus ästhetischen Gründen nur selten in Erwägung gezogen wird, sollte vorzugsweise eine ungehinderte Ausdehnung des Außenbelags ermöglicht werden, indem:

- zwischen dem Fassadensockel einerseits und dem Außenbelag und dessen Untergrund andererseits eine 1,5 bis 2 cm breite Fuge vorgesehen wird
- mit einem elastischen Kitt, der keine Flecken bildet, eine elastische Fuge ausgeführt wird, wobei über die gesamte Länge des Kontaktbereichs zwischen den beiden Elementen ein dauerhaft zusammendrückbares Material angebracht wird. Der Zwischenraum zwischen Außenbelag und Fassade kann auch unverfüllt bleiben. In diesem Fall ist jedoch die Wahrscheinlichkeit groß, dass er schnell verschmutzt.

Als zweite Lösung kann **zwischen Fassadensockel und Außenbelag ein Randstein verlegt werden**, der dazu dient, die Fuge zwischen Randstein und Fassadensockel vollständig offen zu halten. Diese Fuge ist, unabhängig vom gewählten Verfahren, stets mit einem elastischen Kitt auszuführen.

Zum Schluss ist noch zu erwähnen, dass sichergestellt werden muss, dass **die Belüftung und Entwässerung des Hinterlüftungsspalts stets gewährleistet sind** und keine kleinen Nagetiere in den Spalt eindringen können.

2.2 Stößen ausgesetzte Fassadensockel

Nachdem man sich vergewissert hat, dass der Stein in Höhe der Verankerungen stabil genug ist (siehe **Les Dossiers du CSTC 2015/2.12**), können verschiedene Lösungen zur Begrenzung der Bruchgefahr in Erwägung gezogen werden. Im Idealfall sollte man die Steine **Stoßfestigkeitsprüfungen** unterziehen, wie im technischen Bericht 'Rapport technique TR001' der EOTA beschrieben. Damit lassen sich ein harter Stoß (Kugelfallversuch mit einer 1 kg schweren Kugel) oder ein weicher Stoß (Fall eines 50 kg schweren Sandsacks) simulieren. Zur Erinnerung: In der **TI 146** wird empfohlen, bei Steinen mit einer Dichte über 2.500 kg/m^3 eine mindestens 30 mm dicke Verkleidung vorzusehen und bei Steinen mit einer Dichte unter 2.500 kg/m^3 eine 40 mm dicke Verkleidung. Empfohlen werden in der TI auch folgende Mindestdicken:

- 40 mm bei Steinen mit einem mechanischen Verankerungswiderstand von über 1.000 N
- 30 mm, falls dieser Widerstand mehr als 1.500 N beträgt.

Die verschiedenen Lösungen zur Begrenzung der Bruchgefahr beinhalten, dass die Spannungen im Stein verringert



3 | Verstärkung des Hinterlüftungsspalts.

werden. Dies ist wie folgt möglich:

- Begrenzung der **Abmessungen** von Fassadensockeln auf eine Fläche von $0,8 \text{ m}^2$ und ein Verhältnis Höhe zu Breite von 3
- Begrenzung des **Abstands zwischen den Verankerungen** auf höchstens 80 cm
- Vergrößerung der **Dicke der Steine** des Fassadensockels um 1 bis 2 cm. In diesem Fall sollte man:
 - entweder die Verankerung im darüberliegenden dünneren Stein mittig anordnen, wenn die Fassadensockelbereiche bündig sein sollen
 - oder eine Abschrägung vorsehen und den Fassadensockel nicht oder kaum einrücken, damit der Hinterlüftungsspalt belüftet bleibt
- **Verstärkung des Hinterlüftungsspalts** durch Auffüllung mit einem mageren stabilisierten Füllmaterial (siehe Abbildung 3). Hierbei handelt es sich jedoch um eine umständliche Maßnahme mit einem erhöhten Risiko auf die Migration von aus dem Mörtel stammenden Salzen und das Auftreten von Feuchtigkeitsringen aufgrund von Feuchtigkeitsunterschieden, da der untere Bereich der Fassadenverkleidung nicht mehr korrekt hinterlüftet ist. Außerdem wird der Fassadensockel gegebenenfalls nicht mehr als Bestandteil der hinterlüfteten Fassade betrachtet werden, was dazu führt, dass ein Material mit einem höheren Frostwiderstand gewählt werden sollte (siehe **TI 228**).

Zum Schluss möchten wir noch darauf hinweisen, dass das Anbringen eines justierbaren Plattenhalters in der Mitte des Elements zwischen der Dämmung und dem Stein in Höhe der Verankerungen die Gefahr einer Rissbildung nicht verringert. 

Nachhaltige Kühlsysteme im Vergleich

Obwohl sich der Kühlbedarf eines Gebäudes durch entsprechende Entwurfsanpassungen und die Anwendung von Strategien zur passiven Kühlung stark reduzieren lässt, wird in vielen Fällen dennoch ein Kühlsystem notwendig sein, um auch in den immer wärmeren Sommern eine gute thermische Behaglichkeit garantieren zu können. Diese Kühlsysteme weisen jedoch *in puncto* Kühlleistung, thermische Behaglichkeit, Energieverbrauch, Selbstkosten und Umweltauswirkungen große Unterschiede auf. Es ist daher wichtig, die damit verbundenen Möglichkeiten und Einschränkungen zu kennen.

J. Van der Veken, Ir., Projektleiter, Laboratorium Heizung und Lüftung, WTB

Was verstehen wir unter ‚nachhaltigen Kühlsystemen‘?

Da Nachhaltigkeit ein weiter Begriff ist, wurde im Rahmen des CORNET-Projekts ‚SCools‘ ein Vergleich zwischen verschiedenen Kühlsystemen vorgenommen. Dabei lag der Fokus auf Kühlsystemen, die eine sehr hohe Energieeffizienz erreichen und möglichst wenig Kühlmittel enthalten. Falls weder Kompressor noch Kühlmittel zur Anwendung kommen, spricht man auch von ‚Free Cooling‘.

Es gibt mehrere Formen von *Free Cooling*. In Bürogebäuden wird häufig ein System mit Wärmetauschern auf dem Dach gewählt, während im Wohnbau eher **Free Geocooling** genutzt wird. Die letzteren Systeme umfassen eine geothermische Wärmepumpe, einen zusätzlichen Wärmetauscher und ein angepasstes Regelsystem. Diese Erweiterungen sorgen dafür, dass die Wärmepumpe im Sommer nicht betrieben werden muss und die im Winter in der geothermischen Quelle gespeicherte Kälte ohne Zwischenschaltung einer aktiven Kühlkomponente über den Wärmetauscher an das Abgabesystem übertragen werden kann. Die Installation sollte jedoch in diesem Fall einige Voraussetzungen erfüllen. Zum Beispiel muss:

- **die geothermische Quelle richtig dimensioniert werden.** Insbesondere geschlossene Systeme sollten im Winter über die Wärmepumpe ausreichend abgekühlt werden, um im Sommer genug Kühlung bereitstellen zu können. Denn die Bodentemperatur muss auch am Ende des Sommers noch niedrig genug sein (typischerweise 16 °C für *Free Cooling*)
- **das Abgabesystem auch bei höheren Abgabemperaturen (in der Regel 16-18 °C) über genug Kühlleistung verfügen,** da die geothermische Quelle und der Wärmetauscher in Spitzenzeiten keine niedrigeren Temperaturen bereitstellen können. Genauso, wie man beim Heizen am besten eine Wärmeabgabe im Niedertemperaturbereich anstrebt, damit das System optimal funktioniert, ist es beim Kühlen wichtig, eine möglichst hohe Abgabetemperatur

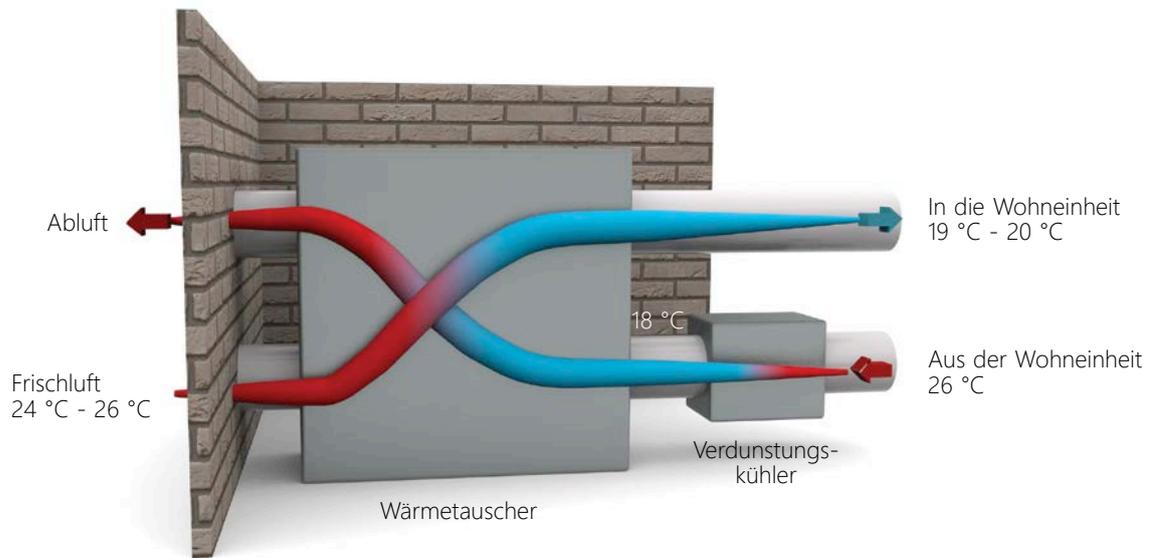
anzustreben. Dadurch verringert sich zudem die Gefahr einer Kondensation von feuchter Raumluft an der kühlenden Oberfläche. Dagegen ist es jedoch nicht möglich, die Luft zu entfeuchten.

Beim Vergleich der Kühlsysteme wurde von einer korrekten Dimensionierung der Quelle ausgegangen, aber wurden verschiedene Abgabesysteme einbezogen, und zwar:

- **ein ‚hybrider‘ oder ‚dynamisierter‘ Konvektor oder Heizkörper,** der auch kühlen kann (siehe Abbildung 1). In Anbetracht der geringen Temperaturunterschiede ist die Abgabeleistung jedoch begrenzt. Beispielsweise wird ein hybrider Konvektor, dessen Wärmeabgabe im Winter bei einer Vorlauftemperatur von 40 °C 40 W/m² beträgt, im Sommer bei 16 °C circa 15 W/m² abgeben können. Da diese Systeme jedoch nicht für das Auffangen und Ableiten



1 | Hybrider Konvektor.



2 | Prinzip der indirekten Verdunstungskühlung.

von Kondenswasser ausgelegt sind, muss ein zusätzliches Regelsystem implementiert werden, das die Temperatur des Wärmetauschers über dem Taupunkt der Raumluft halten soll. Dadurch kann sich jedoch die Abgabeleistung noch weiter verringern

- **zwei Fußbodenkühlungssysteme:** ein klassisches System mit Leitungen im Estrich und ein Trockenbausystem, bei dem die maximale Kälteabgabe bei einer Vorlauftemperatur von 16 °C zwischen 30 und 40 W/m² variiert. Zur Vermeidung von Kondensatbildung auf dem Fußboden muss auch hier ein Regelsystem vorgesehen werden, das eine Erhöhung der Vorlauftemperatur bewirkt, wenn die relative Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche zu hoch zu werden droht
- **ein Kühlregister im Zuluftbereich einer als Zu- und Abluftsystem ausgeführten Lüftung.** Es kann an eine erneuerbare Quelle mit einer höheren Temperatur angeschlossen werden, zum Beispiel einen Geothermiekreis mit einer Temperatur von 16 °C. Dies führt jedoch zu einer begrenzten Kühlleistung (typischerweise 0,6 kW bei einem Volumenstrom von 300 m³/h).

Beim Vergleich wurde auch die **Verdunstungskühlung** berücksichtigt. Dieser Prozess beinhaltet, dass bei der Verdunstung von Wasser der Umgebungsluft Wärme entzogen wird. Dieses Prinzip ließe sich zwar durch die Befeuchtung der Innenumgebung direkt anwenden, führt aber zu höheren relativen Luftfeuchtigkeiten und kann auch mikrobiologische Probleme verursachen. Daher wurden in dieser Studie nur indirekte Systeme untersucht (siehe Abbildung 2). Hierbei wird die entnommene Luft im Kühler abgekühlt (z.B. von 26 °C auf 18 °C). Anschließend wird diese Luft durch den Wärmetauscher des Lüftungssystems geleitet, wo sie die Wärme der frischen Zuluft aufnehmen kann. Letztere wird dadurch abgekühlt (z.B. von 25 °C auf 20 °C). Dieses System bleibt energieeffizient, verfügt jedoch über eine geringe Kühlleistung. Sie wird an warmen Tagen bei einer Lüftungsrate von 300 m³/h in der Regel weniger als 0,5 kW betragen.

Zum Schluss wurden auch zwei weitere klassische Kühlsysteme in den Vergleich einbezogen:

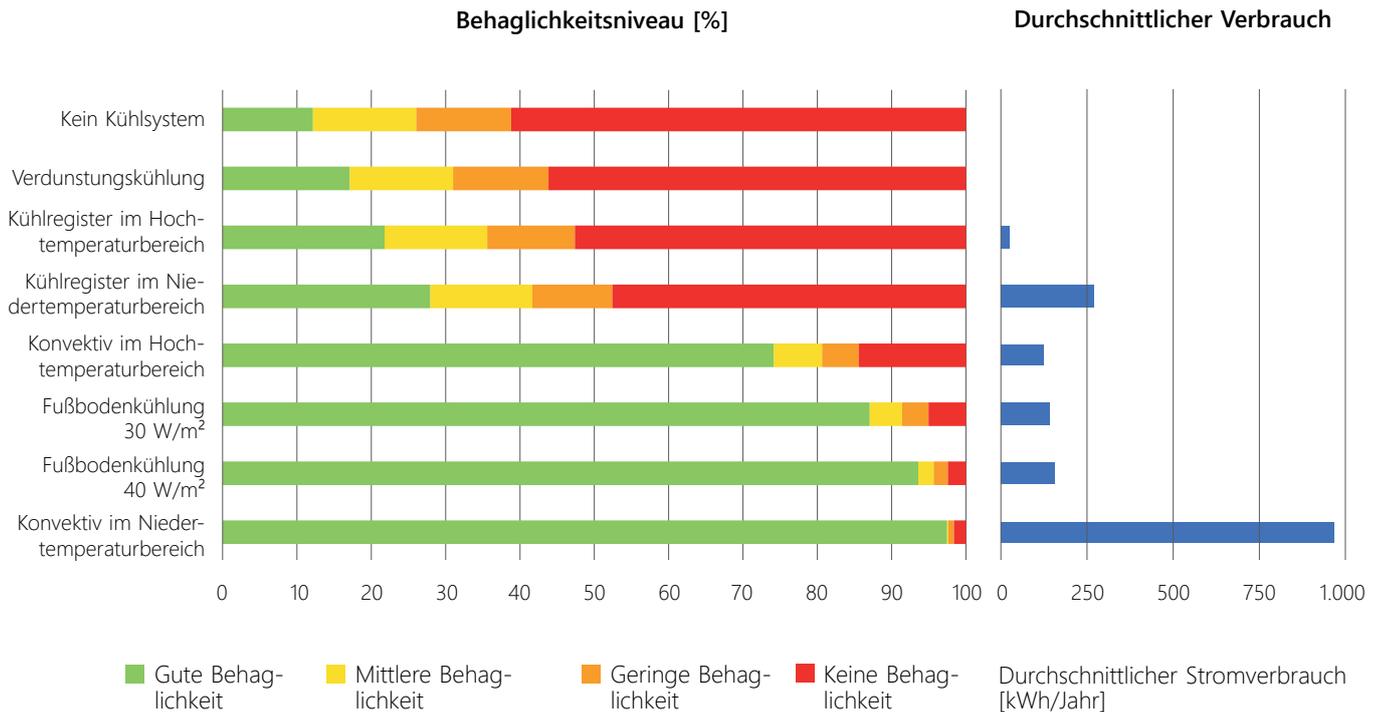
- **ein Kühlregister in einem als Zu- und Abluftsystem ausgeführten Lüftungssystem, das mit einem Nieder-temperatur-Kühlsystem mit Kompressor verbunden ist,** was die Abgabeleistung im Vergleich zu einem Kühlregister im Hochtemperaturbereich fast verdoppeln kann. Dies geht jedoch zu Lasten der Effizienz in der Erzeugung
- **ein System für konvektive Kühlung,** das sich grundsätzlich für jeden Bedarf dimensionieren lässt, aber in dieser Studie auf 50 W/m² Kühlung begrenzt wurde. Es kann sich hierbei um eine reversible Luft-Luft-Wärmepumpe mit Inneneinheiten, aber auch um mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe verbundene Gebläsekonvektoren handeln.

Wie schneiden diese Kühlsysteme in puncto Behaglichkeit und Energie ab?

Mithilfe **dynamischer Energiesimulationen** wurden 9.200 Kombinationen untersucht, bei denen folgende Parameter variiert wurden:

- fünf Typen von Wohneinheiten
- zwei Fenstergrößen
- zwei Trägheitsniveaus
- zwei Dämmniveaus
- vier Orientierungen
- drei verschiedene Sonnenschutzvorrichtungen
- drei verschiedene Niveaus der Lüftungskühlung
- acht verschiedene Kühlsysteme.

Obwohl diese Simulationen ursprünglich der Entwicklung eines Tools (siehe [Les Dossiers du CSTC 2021/3.3](#)) dienen und einen fallspezifischen Vergleich in den Bereichen Behaglichkeit und Energie ermöglichen sollten, können sie auch ein Gesamtbild der **Leistungsfähigkeit verschiedener Kühlsysteme** bieten.



3 | Behaglichkeitsniveaus und durchschnittlicher Verbrauch in allen Wohneinheiten, abhängig vom Kühlsystem.



4 | Prüfungen bei Abgabeelementen bei Thomas More Kempen.

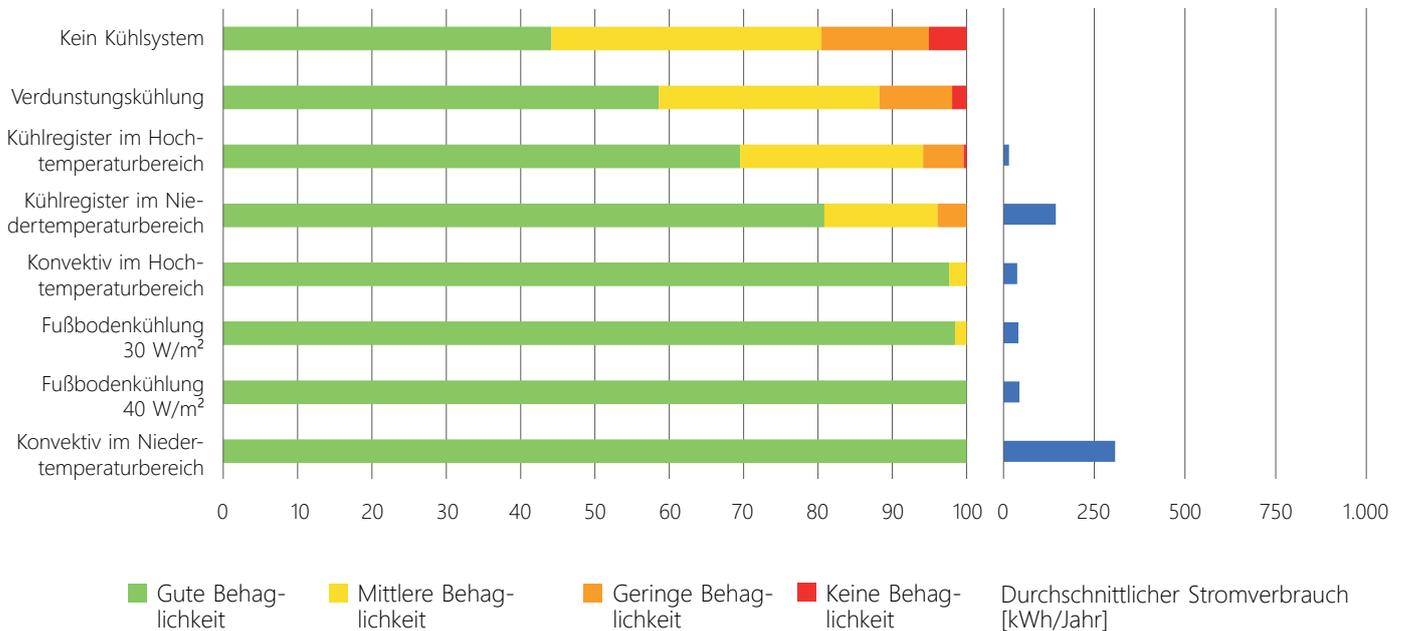
In Abbildung 3 ist das Behaglichkeitsniveau aller untersuchten Kombinationen dargestellt. Die Behaglichkeitsniveaus werden anhand der maximal zulässigen Temperaturen in der Wohneinheit festgelegt, die tagsüber 28 °C und nachts 26 °C betragen. Bei einer Überschreitung dieser Grenzwerte durch die simulierte Raumtemperatur im ganzen Sommer von weniger als 33 Stunden, kann man von einer guten Behaglichkeit im Sommer sprechen, bei einer Überschreitung zwischen 33 und 100 Stunden von einer mittleren Behaglichkeit und bis 250 Stunden von einer geringen Behaglichkeit. Bei höheren Werten kann konstatiert werden, dass keine Behaglichkeit vorliegt.

Dem Diagramm lässt sich entnehmen, dass im Sommer 60 % der simulierten Wohneinheiten ohne Kühlsystem nur eine begrenzte Behaglichkeit bieten und kaum ein Achtel der Wohneinheiten eine gute Behaglichkeit aufweist. Obwohl sich die Behaglichkeit nach dem Einbau einer indirekten Verdunstungskühlung oder eines Kühlregisters bei einem als Zu- und Abluftsystem ausgeführten Lüftungssystem verbessert, schneiden drei Viertel der Wohneinheitenvarianten erst gut ab, nachdem ein System mit mehr Kühlleistung installiert wurde, zum Beispiel ein hybrider Konvektor mit einer spezifischen Kühlleistung von 15 W/m² bei höheren Kühltemperaturen, eine Fußbodenkühlung (30-40 W/m²) und die klassische konvektive Luftkühlung im Niedertemperaturbereich mit 50 W/m².

Der Energieverbrauch steigt durch die Erhöhung der Kühlleistung, hält sich aber in Grenzen. Insbesondere bei den Hochtemperatursystemen (konvektiv im Hochtemperaturbereich oder Fußbodenkühlung) bleibt der Stromverbrauch

Behaglichkeitsniveau [%]

Durchschnittlicher Verbrauch



5 | Behaglichkeitsniveau und durchschnittlicher Verbrauch der Wohneinheiten mit außenliegendem Sonnenschutz und Lüftungskühlung, abhängig vom Kühlsystem.

dank der hohen Effizienz der damit verbundenen ‚Free Cooling‘ gering. Auch bei den klassischen Kühlsystemen (konvektiv im Niedertemperaturbereich) liegt der durchschnittliche Verbrauch noch knapp unter 1.000 kWh/Jahr.

Wir möchten darauf hinweisen, dass bei den Simulationen von einer idealen Regelung, einer relativ hohen eingestellten Temperatur und einem logischen Nutzerverhalten ausgegangen wurde. In der Praxis kann der Energieverbrauch folglich höher ausfallen.

Aus dem Diagramm in Abbildung 5 geht hervor, dass sich die Behaglichkeit beim Einsatz von Sonnenschutz und (Nacht-)Lüftungskühlung spektakulär verbessert. Wenn wir nur **die Kombinationen mit Strategien der passiven Kühlung** betrachten, stellen wir fest, dass fast die Hälfte der Wohneinheiten sogar ohne Kühlsystem eine gute Behaglichkeit im Sommer aufweist. Wir sehen auch, dass die Verdunstungskühlung und Kühlregister im Lüftungssystem viel besser abschneiden. Insbesondere die Systeme mit gesonderten Abgabeeinheiten (konvektiv oder Fußbodenkühlung) bieten in diesen Fällen eine gute Behaglichkeit. Zum Schluss ist noch zu erwähnen, dass der Energieverbrauch erheblich reduziert wird, im Schnitt auf bis zu circa ein Drittel im Vergleich zu allen Wohneinheiten (siehe Abbildung 3 auf der vorherigen Seite).

Nachhaltige Kühlsysteme und passive Maßnahmen

Die Simulationsergebnisse belegen, **dass sich eine gute**

Behaglichkeit im Sommer sehr wohl mit einem niedrigen Energieverbrauch vereinbaren lässt. Die Kombination aus *Free Cooling* und Abgabesystemen mit höheren Temperaturen ermöglicht zudem die Vermeidung möglicherweise schädlicher Kühlmittel.

Da diese nachhaltigen Systeme häufig über eine geringere Abgabeleistung verfügen, ist ihre Auswahl und Dimensionierung nicht immer einfach. Denn die benötigten Abgabeleistungen variieren je nach dem Volumen und der Nutzung der Räume, den Solargewinnen und der Kompaktheit des Gebäudes. Darüber hinaus fehlt die Möglichkeit, bei einem zu hohen Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit die Raumluft zu entfeuchten.

Der Einsatz eines guten Sonnenschutzes und der Nachtlüftung (durch das Öffnen von Fenstern oder über Lüftungsgitter) senkt den Kühlbedarf und sorgt dafür, dass die benötigte Leistung homogener wird, was die Auswahl des Kühlsystems vereinfacht.

In Fällen, in denen eine Kühlung über das Lüftungssystem in Verbindung mit diesen passiven Maßnahmen bereits ausreichen kann, garantieren vor allem **die hybriden Konvektoren und die Fußbodenkühlung** eine sehr gute Behaglichkeit im Sommer.

Diese Abgabesysteme werden übrigens im Hochtemperaturbereich betrieben, was mehr Möglichkeiten im Hinblick auf nachhaltige Kühlquellen bietet (z.B. Geothermie, Kältenetz und optimal betriebene Wärmepumpe mit Kühlfunktion). 

Eignet sich zur Grundwasserabsenkung entnommenes Grundwasser für die Verwendung in Sanitäranlagen von Wohnbauten?

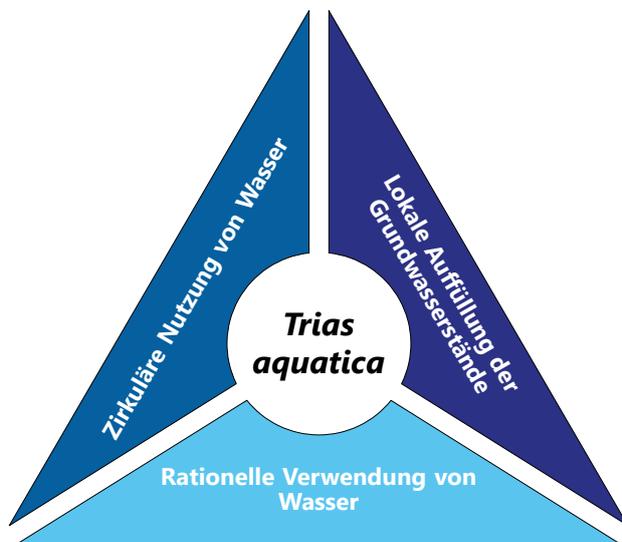
Angesichts der immer drängender werdenden Dürreproblematik besteht ein wachsendes Interesse daran, zur Grundwasserabsenkung entnommenes Grundwasser (wieder) zu verwenden, anstatt es einfach in die Kanalisation einzuleiten. Ende 2020 führte das WTB zur Sondierung eine Probenahmekampagne aus, um ein besseres Bild von der Qualität dieser Art von Wasser zu erhalten. Sie ergab, dass von der Verwendung von zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser in Sanitäranlagen von Wohnbauten (z.B. für Toiletten und Waschmaschinen) abzuraten ist.

B. Bleys, Ir., Leiter des Laboratoriums Wassertechniken, WTB
 K. Dinne, Ing., Leiterin des Laboratoriums Mikrobiologie und Mikroartikel, WTB
 N. Huybrechts, Ir., Leiter der Abteilung Geotechnik, Strukturen und Beton, WTB
 G. Goossens, Ir., Umweltberaterin, Vlaamse Confederatie Bouw (VCB)

Dürreproblematik

Aufgrund einer Reihe von extremen Dürreperioden (2017, 2018 und 2020) wurde die Dürreproblematik in Belgien in den vergangenen Jahren sehr aktuell. Daher strebt die flämische Regierung über den **'Blue Deal'** eine Verstärkung der Anstrengungen im Kampf gegen die Wasserknappheit an.

Die Verwendung von zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser wird in diesem Zusammenhang von mehreren Städten durch Initiativen wie www.werfwater.be gefördert und ermöglicht. Hierbei muss jedoch je nach geplanter Verwendung gebührendes Augenmerk auf die Qualität des entnommenen Grundwassers gelegt werden.



1 | Trias aquatica.

Trias aquatica

Wenn wir kurz die Prinzipien der *Trias aquatica* (siehe Abbildung 1) betrachten, bestehen mehrere Möglichkeiten zur Begrenzung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen:

- **rationelle Verwendung von Wasser:** Verringerung der Menge des zur Grundwasserabsenkung nach oben gepumpten Grundwassers durch eine Optimierung der Steuerung, die hydraulische Trennung der Baugrube ...
- **zirkuläre Nutzung von Wasser:** (Wieder-)Verwendung des zur Grundwasserabsenkung entnommenen Grundwassers (ohne Trinkwasserqualität) für bestimmte Zwecke
- **lokale Auffüllung der Grundwasserstände** durch Wiedereinleitung und Versickerung des entnommenen Wassers ins Grundwasser.

Oberste Priorität hat in diesem Zusammenhang die Begrenzung der Menge an entnommenem Grundwasser, wonach die Möglichkeiten einer Wiedereinleitung ins Grundwasser und einer eventuellen Wiederverwendung untersucht werden können.



2 und 3 | Ergebnis der Messung der Konzentrationen von sulfatreduzierenden Bakterien (links) und eisenreduzierenden Bakterien (rechts)

Die Qualität von zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser

Bislang liegen kaum Informationen über die Qualität von zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser vor. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die mikrobiologische Wasserqualität, die für eine eventuelle (Wieder-)Verwendung und Speicherung dieses Wassers sehr wichtig ist. Deshalb legte das WTB zur Sondierung im Dialog mit der VCB Ende 2020 **eine Kampagne zur Probenahme** (mit sterilen Flaschen) bei vier Baustellen auf:

- Baustelle 1: Speicherung von zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser in einem Behälter mit Entnahmemöglichkeit und Überlauf in einen Bach; dort wurde eine Schöpfprobe aus dem Behälter entnommen
- Baustelle 2: Grundwasserabsenkung ohne Speicherung; dort wurde das zur Grundwasserabsenkung entnommene Grundwasser in die öffentliche Kanalisation eingeleitet und erfolgte die Probenahme aus dem fließenden Wasser
- Baustelle 3: Speicherung von zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser in einem temporär errichteten Betonbehälter mit Entnahmemöglichkeit und Überlauf in die öffentliche Kanalisation; dort wurden sowohl Proben an den Entnahmehähnen (nach kurzem Spülen der Leitung) als auch am Überlauf (direktes Auffangen) entnommen
- Baustelle 4: Grundwasserabsenkung ohne Speicherung (Aushebung eines Teichs für ein Privathaus); dort wurde eine Probe aus dem Peilrohr entnommen.

Nach diesen Probenahmen erfolgte die Analyse anhand einiger chemischer und mikrobiologischer Parameter. So wurden in verschiedenen Proben erhöhte Eisenkonzentrationen und eine erhöhte Wasserhärte vorgefunden, die in Sanitärinstallationen von Wohnbauten zu einer **Verfärbung des Wassers, Korrosion und Kalkablagerungen** führen können. Außerdem wurde in einer Probe auch eine hohe Konzentration von Phosphor-, Stickstoff- und Kaliumionen gefunden. Diese Ionen sind Nährstoffe für Mikroorganismen und Algen und können daher die Wasserqualität während der Speicherung negativ beeinflussen.

Was die mikrobiologischen Parameter angeht, fallen – neben der hohen bis sehr hohen bakteriellen Belastung (Gesamtkonzentration bei 22 °C zwischen 810 und 320.000 KBE/ml) und dem Vorhandensein von als Fäkalindikatoren geltenden Organismen – vor allem die hohen Konzentrationen von

eisenreduzierenden Bakterien (IRB – zwischen 9.000 und 35.000 KBE/ml) und sulfatreduzierenden Bakterien (SRB – zwischen 5 und 120.000 KBE/ml) auf.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen einige der Proben. Aus der Verfärbung und der Farbskala lässt sich klar ablesen, dass es sich um sehr hohe Werte handelt.

Eisenreduzierende und sulfatreduzierende Bakterien sind eine Hauptursache der mikrobiell induzierten Korrosion (MIC) und geben außerdem einen anhaltenden Geruch ab. Denn bei Vorhandensein von SRB wird H₂S gebildet, das Gas, das für den typischen Geruch fauler Eier verantwortlich ist. Sind diese Bakterien einmal in einer Sanitärinstallation vorhanden, ist es sehr schwierig, sie zu beseitigen, und können mehrere Desinfektionsverfahren zu ihrer Abtötung notwendig sein. Vorbeugung ist daher ratsam. Dieses Phänomen kann beispielsweise dann auftreten, wenn beim Abdrücken der Installation Wasser ohne Trinkwasserqualität (z.B. Regenwasser) verwendet wurde.

Fazit

Obwohl die Anzahl der Proben, die im Rahmen der zuvor erwähnten Probenahmekampagne entnommen wurden zu gering ist, um statistisch relevante Schlussfolgerungen zu ziehen, können wir anhand der erzielten Ergebnisse dennoch konstatieren, dass zur Grundwasserabsenkung entnommenes Grundwasser für die Verwendung in Sanitäranlagen ungeeignet ist. Wir raten Ihnen daher dringend davon ab, Ihren Regenwassertank (ergänzend) mit zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser zu füllen. Die Nutzung des entnommenen Wassers zur Bewässerung von Gärten und Parks erscheint uns dagegen möglich.

Damit eine Einschätzung getroffen werden kann, ob bei der Verwendung von zur Grundwasserabsenkung entnommenem Grundwasser auch die Gefahr der **Legionellenbildung** besteht, sind noch einige zusätzliche Messungen in wärmeren Perioden notwendig. Denn wenn das betreffende Grundwasser gespeichert wird, besteht ein reelles Stagnationsrisiko und kommen verschiedene Bedingungen zusammen (z.B. Eisen, Nährstoffe) die eine solche Entwicklung bei günstigen Temperaturen begünstigen können. ◆



Welches Ziegelmauerwerk ist überstreichbar?

Das WTB führt derzeit ein Forschungsprojekt durch, das darauf abzielt, Bauunternehmer zu unterstützen, die damit konfrontiert werden, dass sich auf Ziegelmauerwerk aufgetragene Farbe ablöst. Aus ersten Ergebnissen geht hervor, dass besonderes Augenmerk auf die Oberfläche der Ziegelsteine und insbesondere auf deren Absorptionsvermögen gelegt werden sollte. In manchen Fällen kann es auch sinnvoll sein, vorab die Haftung des gewählten Farbsystems zu überprüfen.

E. Cailleux, Dr., stellvertretender Leiter des Laboratoriums Bauchemie, WTB

D. Nicaise, Dr. Sc., Leiterin des Laboratoriums Mineralogie und Mikrostruktur, WTB

S. Mertens, Dr. Ir., Projektleiter, Laboratorium Baumaterialien, WTB

In den vergangenen Jahren wurde die Abteilung Technische Gutachten und Beratung des WTB einige Male mit sehr ähnlichen Problemen konfrontiert, die damit zusammenhängen, **dass sich bestimmte auf Ziegelmauerwerk aufgetragene Farben ablösen** (siehe [Les Dossiers du CSTC 2016/3.10](#)). Obwohl die Anzahl der Schadensfälle recht begrenzt bleibt, haben diese Folgendes zutage gefördert:

- den Mangel an Informationen über das Verhalten von auf Ziegelsteinen aufgetragenen Farben (z.B. Einflussparameter und Grund- und Referenzeigenschaften der zu überstreichenden Flächen)
- den Bedarf an Prüfungen oder Kriterien zur Antizipation möglicher Probleme
- die Schwierigkeiten, eine dauerhafte Lösung zu finden.

Forschungsprojekt

Das WTB hat vor Kurzem ein Forschungsprojekt ins Leben gerufen, das darauf abzielt, **das Verhalten verschiedener Kombinationen von Ziegelsteinen und Farben zu evaluieren**, um Empfehlungen formulieren und neue Schadensfälle vermeiden zu können ⁽¹⁾ ⁽²⁾. Denn die Kombinationen der beiden Materialien werden in den jeweiligen einschlägigen Normen nicht berücksichtigt ⁽³⁾. Es besteht bislang auch keine einheitliche Definition, was unter einem ‚überstreichbaren Ziegelstein‘ zu verstehen ist. Folglich ist es sowohl für Architekten als auch für Maler schwierig im Vorfeld die Eigenschaften des Untergrunds und die am besten geeigneten Farben zu ermitteln.



Im ersten Teil des Forschungsprojekts soll der Einfluss der verschiedenen Faktoren untersucht werden, die **Auswirkungen auf die Anfangshaftung der Farbe** haben könnten. Dazu wurden etwa ein Dutzend Ziegelsteine mit verschiedenen Eigenschaften ausgewählt. Berücksichtigt wurden beispielsweise unter anderem verschiedene Her-

⁽¹⁾ Stärker verbreitete Schadensfälle wie Salzausblühungen werden im Rahmen dieses Projekts nicht behandelt.

⁽²⁾ Dieser Artikel konzentriert sich auf den Einfluss der Ziegelsteinoberfläche auf die Haftung der Farbe. Andere Parameter, die mit dem Wandaufbau in Zusammenhang stehen (z.B. nachträgliche Dämmung und Innendämmung), können auch bedeutende Folgen für das Verhalten der Farbe haben. Der Einfluss dieser Faktoren wird ebenfalls untersucht und wird Gegenstand künftiger Publikationen sein.

⁽³⁾ Außenfarben für Mauerwerk fallen unter die Norm NBN EN 1062-1:2004. Die Spezifikationen für Mauerziegel werden in der Norm NBN EN 771-1 + A1:2015 behandelt, die eine CE-Kennzeichnung der Produkte ermöglicht. Wenn die Ziegelsteine den Anforderungen der technischen Vorschriften PTV 23-002 aus dem Jahr 2012 entsprechen, kann auch eine BENOR-Kennzeichnung zuerkannt werden.



Prüfung der Absorptionsgeschwindigkeit

Die Prüfung der Absorptionsgeschwindigkeit beinhaltet, dass auf der Oberfläche eines Ziegelsteins ein Wassertropfen angebracht und die Zeit gemessen wird, bis dieser vom Stein absorbiert wurde. Die in diesem Artikel beschriebenen Prüfungen wurden mit einer Mikropipette mit einem Fassungsvermögen von 10 µl ausgeführt. Die Größe des Wassertropfens hat jedoch nur einen geringen Einfluss auf die Absorptionsgeschwindigkeit.

Der Ziegelstein muss trocken und sauber sein. Die Prüfung lässt sich bei horizontaler Lage der Fläche leichter ausführen, kann aber auch in vertikaler Lage ausgeführt werden (siehe nebenstehende Abbildungen). Im letzteren Fall sollte das Volumen des Tropfens jedoch begrenzt werden, da ein Übermaß an Wasser in der Regel zum Verlaufen des Tropfens führt, was die Abschätzung der Absorptionszeit erschwert. Bestimmte Ziegelsteine können erhebliche Absorptionsdifferenzen aufweisen. Um eine repräsentativere Einschätzung des voraussichtlichen Verhaltens zu erhalten, empfiehlt es sich, die Prüfung an mehreren Ziegelsteinen (mindestens drei) und an verschiedenen Stellen (mindestens drei Messungen pro Ziegelstein) auszuführen.



stellungsweisen (Handformziegel oder Strangpressziegel) und es wurden Ziegelsteine mit glatten, rauen und glänzenden Sichtflächen (dies ist die Fläche, auf der die Farbe aufgetragen wird) untersucht.

Die Farbe erreicht durch das Durchdringen der Mikroporen und die Haftung an den Unregelmäßigkeiten in der Fläche eine bessere mechanische Verankerung. Daher wurden die Sichtflächen der Ziegelsteine charakterisiert. Die Prüfungen zielten insbesondere auf die Evaluation der **Oberflächenrauheit** und des **Wasserabsorptionsverhaltens** ab (Messung der kapillaren Wasseraufnahme, Messung der Absorption mit dem Karsten-Rohr und Messung der Absorptionsgeschwindigkeit in Bezug auf einen Wassertropfen). Durch das Auftragen eines gefärbten Harzes auf der Oberfläche des Ziegelsteins und die anschließende Untersuchung des Steinquerschnitts konnten Differenzen im Absorptionsverhalten des Ziegelsteins visualisiert werden.

Dank dieser Prüfungen ließen sich die Sichtflächen der Ziegelsteine Kategorien zuordnen (siehe Tabelle auf der nächsten Seite). Im Allgemeinen förderten die Wasseraufnahmeprüfungen einige ähnliche Tendenzen zutage. Aus der Untersuchung der Querschnitte ging hervor, dass sich die Absorption des Harzes mit zunehmender Geschlossenheit der Oberfläche verringert. Die Messung der Absorptionsgeschwindigkeit in Bezug auf einen Wassertropfen erwies sich als besonders einfach und relevant. Beim Fehlen von Informationen über das Absorptionsverhalten der Ziegelsteine im Vorfeld, kann diese Prüfung vor Ort eine gute Annäherung bieten (siehe umrahmtes Feld).

Es wurden auch etwa ein Dutzend Farbsysteme untersucht. Hierbei handelt es sich um konventionelle Acryl-Systeme und (difusionsoffenerere) Siloxan-Systeme. Die Produkte stammen von verschiedenen Herstellern und umfassen auch

eine Grundierung auf Wasser- oder Lösungsmittelbasis. Neben den Grundeigenschaften der Farben wurde auch die Viskosität der Grundierungen charakterisiert, da Letztere für eine gute Haftung von Farbsystemen sorgen.

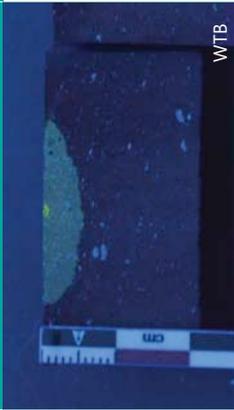
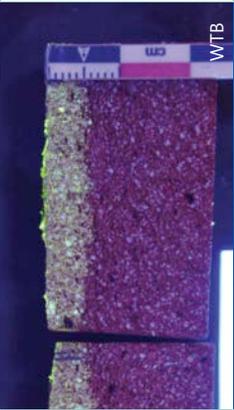
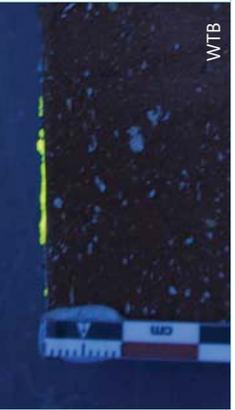
Anschließend wurde bei den verschiedenen Ziegelsteinen die Anfangshaftung anhand von Gitterschnittprüfungen (auch ‚cross-cut tests‘ genannt) untersucht. Sie ergaben, dass mit zunehmender Absorptionszeit das Risiko auf Haftungsmängel steigt:

- Was die **stark absorbierenden strukturierten Ziegelsteine** betrifft (unmittelbare Absorption eines Wassertropfens oder Absorption innerhalb weniger Sekunden), förderten die Prüfungen keine Haftungsmängel zutage, und zwar ungeachtet des verwendeten Farbsystems
- Bei den **etwas weniger absorbierenden Oberflächen** (Absorption in einigen Dutzend Sekunden oder stellenweise sogar in 1 bis 3 Minuten) wurde beim Großteil der Systeme eine korrekte Haftung festgestellt. Dennoch löste sich die Farbe bei einigen dieser Systeme. Folglich empfiehlt es sich, bei diesen Untergründen die Haftung der gewählten Farbe im Vorfeld zu prüfen
- Bei den **sehr wenig absorbierenden Flächen** (Absorption nach mehr als 3 Minuten) wurde beim Großteil der Produkte ein Mangel an Haftung festgestellt, und zwar trotz des Vorhandenseins eventueller Rauheiten oder Unebenheiten im Untergrund. Es wird daher davon abgeraten, diese zu überstreichen.

Im weiteren Verlauf des Projekts wird die **Alterung der verschiedenen Farb-Ziegelstein-Kombinationen** untersucht werden. Die durchgeführten Prüfungen werden insbesondere darauf abzielen zu simulieren, wie die Farben arbeiten, indem evaluiert wird, in welchem Maß das Risiko einer Ablösung der Farbe durch den Durchgang von Wasserdampf durch die Ziegelsteine beeinflusst wird. ◆



Klassifikation der Sichtflächen der Ziegelsteine und Empfehlungen in Bezug auf die Anfangshaftung der Farben.

Oberfläche des Ziegelsteins	Beispiel für die Oberfläche	Absorption eines Wassertropfens mit einem Volumen von 10 µl	Beobachtung der Migration eines gefärbten Harzes im Ziegelstein (Querschnitt)	Anfangshaftung der erprobten Farbsysteme
Glatte, absorbierende Oberfläche		Absorption in wenigen Sekunden (circa 2 bis 10 Sekunden)		Korrekte Anfangshaftung der meisten Farbsysteme; es wird jedoch empfohlen, die Haftung des gewählten Farbsystems im Vorfeld zu prüfen
Glatte, nicht absorbierende Oberfläche		Absorption in wenigen Minuten (circa 3 bis 5 Minuten)		Ziegelsteine, die bei verschiedenen Farbsystemen vor Ort Haftungsprobleme aufweisen. Das Überstreichen dieser Ziegelsteine birgt ein Risiko und es wird davon abgeraten
Raue, stark absorbierende Oberfläche		Unverzügliche Absorption oder Absorption in wenigen Sekunden		Korrekte Haftung aller Farbsysteme
Raue, absorbierende Oberfläche		Absorption in wenigen Dutzend Sekunden, stellenweise sogar in circa 1 bis höchstens 3 Minuten; diese Oberflächen können erhebliche Absorptionsdifferenzen aufweisen		Korrekte Anfangshaftung der meisten Farbsysteme; es wird jedoch empfohlen, die Haftung des gewählten Farbsystems im Vorfeld zu prüfen
Raue, nicht absorbierende Oberfläche (glänzendes Erscheinungsbild)		Mehrere Minuten (mehr als 3 Minuten und manchmal sogar länger als 10 bis 15 Minuten)		Bei den meisten Farbsystemen wurden Haftungs-mängel festgestellt. Es wird davon abgeraten, diese Oberflächen zu überstreichen

WTB-Veröffentlichungen



Technische Informationen

TI 277 ‚Code de bonne pratique pour la mise en oeuvre des revêtements de sol à base de résine réactive‘ (Leitlinien für eine gute Ausführung von Bodenbelägen auf Reaktionsharzbasis)

Diese Technische Information behandelt Bodenbeläge auf Reaktionsharzbasis, die vor Ort in nicht ausgehärteter Form ausgebracht werden und anschließend durch eine chemische Reaktion aushärten. Sie ersetzt folglich die 2000 erschienene Technische Information 216 ‚Les sols industriels à base de résine réactive‘ (Industriefußböden auf Reaktionsharzbasis).



TI 278 ‚Installations de chauffage à eau chaude: recommandations pour la prévention des dépôts et de la corrosion‘ (Warmwasserheizungen: Empfehlungen zur Vermeidung von Ablagerungen und Korrosion)

Zur Gewährleistung der Funktion und Lebensdauer bestehender Zentralheizungsanlagen in Gebäuden beinhaltet dieses Dokument eine Reihe von Empfehlungen, um Korrosion zu begrenzen und die Bildung von Ablagerungen zu vermeiden. Diese Empfehlungen beziehen sich auf die Planung, die Ausführung, die Nutzung und das Management von geschlossenen wasserführenden Heizungssystemen.

Publikationen

Die WTB-Veröffentlichungen sind verfügbar:

- auf unserer Website:
 - kostenlos für Auftragnehmer, die Mitglied des WTB sind
 - über den Bezug im Abonnement für die sonstigen Baufachleute (Registrierung unter www.cstc.be)
- in gedruckter Form.

Weitere Auskünfte erhalten Sie telefonisch unter 02/529.81.00 (von 8.30 bis 12.00 Uhr) oder schreiben Sie uns per E-Mail (publ@bbri.be).

Schulungen

- Für weitere Informationen zu den Schulungen wenden Sie sich bitte telefonisch (02/655.77.11) oder per E-Mail (info@bbri.be) an T. Vangheel.
- Nützlicher Link: www.cstc.be (Rubrik ‚Agenda‘).

Veröffentlichung des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums, Institut anerkannt in Anwendung der Rechtsverordnung vom 30. Januar 1947

Verantwortlicher Herausgeber: Olivier Vandooren, WTB, Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel

Dies ist eine Zeitschrift mit allgemein informativer Ausrichtung. Sie soll dazu beitragen, die Ergebnisse der Bauforschung aus dem In- und Ausland zu verbreiten.

Das Übernehmen oder Übersetzen von Texten dieser Zeitschrift, auch wenn es nur teilweise erfolgt, ist nur bei Vorliegen eines schriftlichen Einverständnisses des verantwortlichen Herausgebers zulässig.

www.wtb.be

Übersetzung: Communicationwise
Layout: J. Beauclercq, J. D'Heygere und D. Van de Velde
Illustrationen: G. Depret, R. Hermans und Q. van Grieken
Fotos WTB: M. Sohie et al.



Forscht • Entwickelt • Informiert

Das WTB bildet schon mehr als 55 Jahren den wissenschaftlichen und technischen Mittelpunkt des Bausektors. Das Bauzentrum wird hauptsächlich mit den Beiträgen der 95.000 angeschlossenen belgischen Bauunternehmen finanziert. Dank dieser heterogenen Mitgliedergruppe sind fast alle Gewerke vertreten und kann das WTB zur Qualitäts- und Produktverbesserung beitragen.

Forschung und Innovation

Eine Industrieraufgabe ohne Innovation ist wie Zement ohne Wasser. Das WTB hat sich deswegen entschieden, seine Forschungsaktivitäten möglichst nahe bei den Erfordernissen des Sektors anzusiedeln. Die Technischen Komitees, die die WTB-Forschungsarbeiten leiten, bestehen aus Baufachleuten (Bauunternehmer und Sachverständige), die täglich mit der Praxis in Berührung kommen.

Mithilfe verschiedener offizieller Instanzen schafft das WTB Anreize für Unternehmen, stets weitere Innovationen hervorzubringen. Die Hilfestellung, die wir anbieten, ist auf die gegenwärtigen gesellschaftlichen Herausforderungen abgestimmt und bezieht sich auf diverse Gebiete.

Entwicklung, Normierung, Zertifizierung und Zulassung

Auf Anfrage von öffentlichen oder privaten Akteuren arbeitet das WTB auch auf Vertragsbasis an diversen Entwicklungsprojekten mit. So ist das Zentrum nicht nur bei den Aktivitäten der nationalen (NBN), europäischen (CEN) und internationalen (ISO) Normierungsinstitute aktiv beteiligt, sondern auch bei Instanzen wie der *Union belge pour l'agrément technique dans la construction* (UBAtc). All diese Projekte geben uns mehr Einsicht in den Bausektor, wodurch wir schneller auf die Bedürfnisse der verschiedenen Gewerke eingehen können.

Informationsverbreitung und Hilfestellungen für Unternehmen

Um das Wissen und die Erfahrung, die so zusammengetragen wird, auf effiziente Weise mit den Unternehmen aus dem Sektor zu teilen, wählt das Bauzentrum mit Entschlossenheit den Weg der Informationstechnik. Unsere Website ist so gestaltet, dass jeder Bauprofi mit nur wenigen Mausclicks die gewünschte WTB-Publikationsreihe oder gesuchten Baunormen finden kann.

Eine gute Informationsverbreitung ist jedoch nicht nur auf elektronischem Wege möglich. Ein persönlicher Kontakt ist häufig noch stets die beste Vorgehensweise. Jährlich organisiert das Bauzentrum ungefähr 750 Informationssitzungen und Thementage für Baufachleute. Auch die Anfragen an unseren Beratungsdienst Technische Gutachten finden regen Zuspruch, was anhand von mehr als 18.000 geleisteten Stellungnahmen jährlich deutlich wird.

Firmensitz

Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel

Tel.: 02/502 66 90

Fax: 02/502 81 80

E-Mail: info@bbri.be

Website: www.wtb.be

Büros

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe

Tel.: 02/716 42 11

Fax: 02/725 32 12

- Technische Gutachten – Publikationen
- Verwaltung – Qualität – Informationstechniken
- Entwicklung – Valorisierung
- Technische Zulassungen – Normierung

Versuchsgelände

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette

Tel.: 02/655 77 11

Fax: 02/653 07 29

- Forschung und Innovation
- Bildung
- Bibliothek

Brussels Greenbizz

Rue Dieudonné Lefèvre 17, B-1020 Brüssel

Tel.: 02/233 81 00