

Algen auf Außenwänden - Bauphysik als Ursache? Bauphysik als Lösung! -

Dr.-Ing. H.M. Künzel, Dr.-Ing. M. Krus und K. Sedlbauer

**Fraunhofer-Institut für Bauphysik
(Leiter: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis)**

Zusammenfassung:

Auf Grund des Zwanges zum Energiesparen werden die Fassaden neuer oder sanierter Gebäude durch hohe Dämmschichten wärmetechnisch so stark vom Innenraum abgekoppelt, daß sich auf ihnen Tauwasser durch nächtliche Unterkühlung bilden kann. Die Folge sind zunehmende Beschwerden über großflächigen Algen- oder Pilzbewuchs, insbesondere auf Wärmedämm-Verbundsystemen. Zur Abschätzung der Oberflächenfeuchte und damit der Wachstumsbedingungen von Mikroorganismen an Außenwänden werden Objektmessungen hinsichtlich der im Tageszyklus auftretenden hygrothermischen Verhältnisse neu ausgewertet. Dabei zeigt sich, daß Wärmedämm-Verbundsysteme für Algenbewuchs anfälliger sind als monolithische Wände. Das bessere Abschneiden monolithischer Fassaden ist auf deren größere Wärmespeicherfähigkeit zurückzuführen, die einer Unterkühlung durch langwellige Abstrahlung entgegenwirkt. Eine Lösung des Algenproblems von Wärmedämm-Verbundsystemen könnten infrarot reflektierende Anstriche darstellen, die im Freilandversuch eine deutliche Verminderung der nächtlichen Unterkühlung erbracht haben. Weitere Lösungsansätze werden derzeit in einem großen Verbundprojekt beleuchtet.

1. Einleitung

In letzter Zeit häufen sich Schäden durch Algenwachstum auf Außenwänden, insbesondere bei Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) [1, 2]. Oft findet dieses Algenwachstum bereits im ersten Jahr nach Fertigstellung des Gebäudes statt, was aus der Sicht des Bauherren völlig unakzeptabel ist und dementsprechend vehement moniert wird. Da auf monolithischen Wänden wesentlich seltener Algen zu beobachten sind, liegt der Verdacht nahe, daß die Temperatur- und Feuchtebedingungen an der Außenoberfläche von WDVS das Algenwachstum begünstigen. Offensichtlich ist die Unterkühlung der Außenoberfläche durch nächtliche Abstrahlung ein bedeutender Faktor, wie die Untersuchungen von Blaich [1] in Bild 1 zeigen. Dort ist ein krasses Beispiel von WDVS-Veralgung zu sehen, wobei jedoch punktförmige Bereiche zu erkennen sind, auf denen kein Wachstum stattfindet. Diese Bereiche, die mit Hilfe der Thermografie genauer analysiert wurden, sind auf Grund der Wärmebrückenwirkung der Befestigungsdübel wärmer als der Rest der Fassade. Ob an einer Oberfläche nächtliches Tauwasser auftritt und damit Algenwachstum möglich wird, hängt oftmals von einem Zehntel Grad ab, wie das untere Diagramm in Bild 1 zeigt. Deshalb ist eine sorgfältige Analyse der Oberflächenbedingungen die Voraussetzung für die Beurteilung der Wachstumswahrscheinlichkeit von Algen und Pilzen.

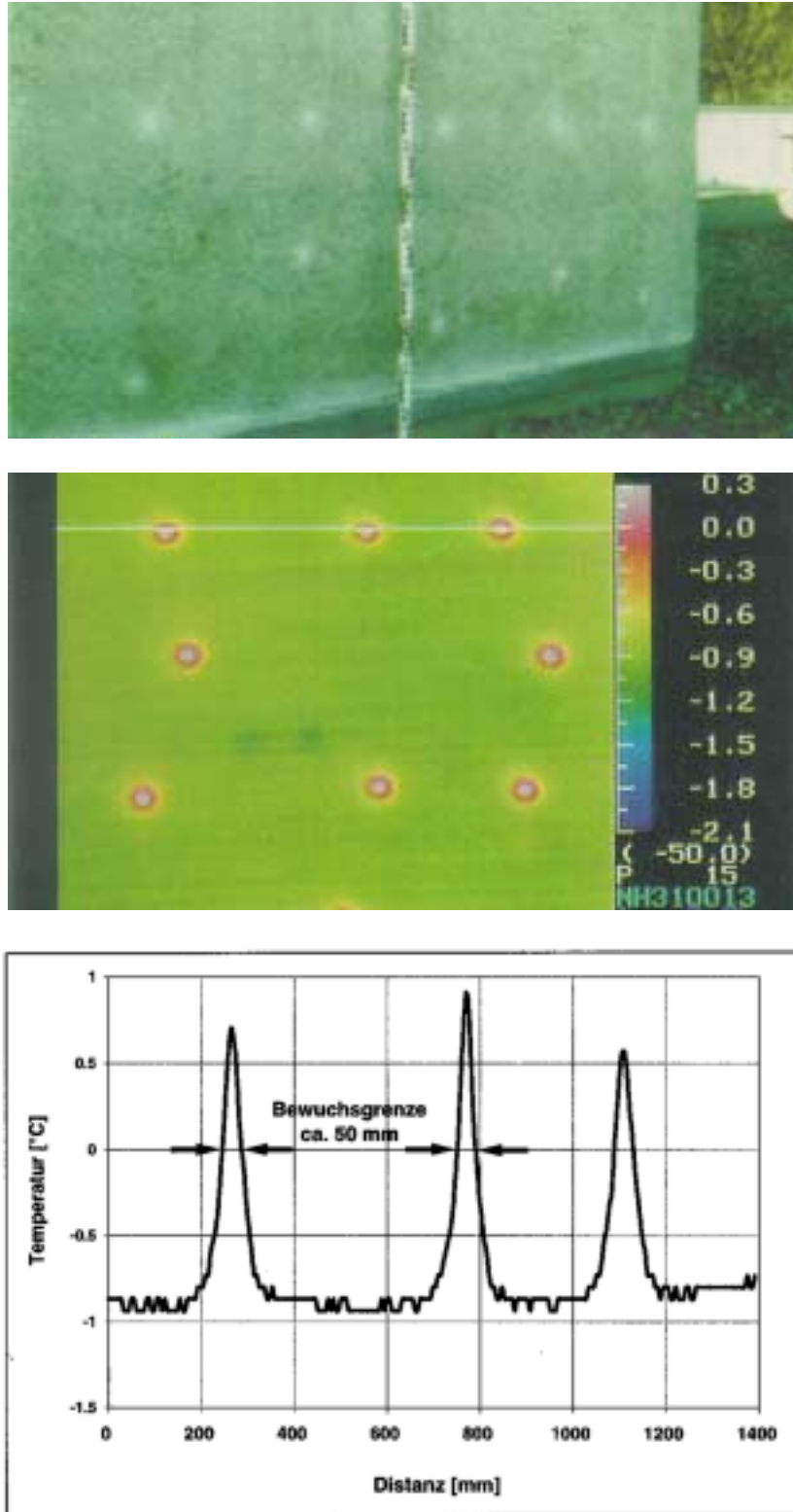


Bild 1: Fotografie und Thermografie eines gedübelten Wärmedämm-Verbundsystems. Im Bereich der Dübel ist wegen deren Wärmebrückenwirkung kein Algenbewuchs festzustellen [1].

Zur Abschätzung der unterschiedlichen Oberflächenbedingungen bei Außenwänden wurden am IBP bereits vor einigen Jahren durchgeführte Freilanduntersuchungen im Hinblick auf die hygrothermischen Verhältnisse an den Fassadenoberflächen verschiedener Wandaufbauten neu ausgewertet und nach bauphysikalischen Lösungsmöglichkeiten gesucht. Der Algenbewuchs durch Niederschlagsbelastung und Folgeerscheinungen, wie z.B. in Bild 2 dargestellt, bleibt bei den folgenden Untersuchungen unberücksichtigt. Das soll nicht heißen, daß er in der Praxis keine Rolle spielt. Die Zusammenhänge sind jedoch so komplex, daß dafür speziell konzipierte Untersuchungen notwendig wären.



Bild 2: Westwand eines Versuchshauses mit Fensterbrüstung. Aufgrund der zu langsamen Austrocknung von Spritzwasser ist der nach Norden orientierte Bereich der Fensterlaibung (rechts im Bild) veralgt, während der gegenüberliegende, direkt der Sonneneinstrahlung ausgesetzte Bereich keinerlei mikrobielles Wachstum aufweist.

2. Durchführung der Untersuchung

Wachstumsfördernde Temperatur- und Feuchtebedingungen an der Außenoberfläche von Wänden sind die Grundvoraussetzung für den mikrobiologische Befall von Fasaden. Von Schimmelpilzen ist bekannt, daß je nach Temperaturniveau eine Oberflächenfeuchte etwa zwischen 80% und 90 % r.F. für die Sporenkeimung ausreicht, wenn diese hygrothermischen Bedingungen über einen Zeitraum von mehreren Wochen auftreten. Algen benötigen zum Wachstum eine noch höhere Feuchte oder sogar die Anwesenheit von freiem Wasser, wobei ihnen aber eine zwischenzeitliche Austrocknung offensichtlich nicht schadet. Da Keimung und mikrobiologisches Wachstum immer eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen und eine langfristig erhöhte Feuchte an Fassaden nur sehr selten vorkommt, wird hier die periodische Befeuchtung genauer betrachtet. Dazu werden gemess-

sene Stundenwerte von Temperatur und Feuchte über einem Zeitraum von mindestens einem Monat uhrzeitklassifiziert gemittelt, so daß ein für diesen Zeitraum typischer Tag-Nachtzyklus entsteht. Dies wird sowohl für die in der IBP-eigene Wetterstation ermittelten Umgebungsbedingungen als auch für die gemessenen Fassadenoberflächentemperaturen gemacht. Da bei den folgenden Untersuchungen keine Erfassung der Fassadenoberflächenfeuchte stattfand, wird die relative Feuchte an der Außenoberfläche aus deren Temperatur und der Taupunkttemperatur der Umgebung bestimmt. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Fassade keine nennenswerten Feuchtemengen speichert und innerhalb einer Stunde mit der Umgebungsluft im feuchtetechnischen Gleichgewicht steht. Diese Voraussetzung ist beim üblichen Hydrophobierungsgrad wasserabweisender Außenputze näherungsweise gegeben, solange neben der nächtlichen Tauwasserbildung keine weiteren Feuchtequellen maßgeblich sind.



Bild 3: Nach Westen exponierte, rückseitig wärmedämmte Prüfflächen, deren Oberflächentemperaturen im Rahmen der meteorologischen Datenerfassung kontinuierlich gemessen werden

3. Vorauswertung meteorologischer Daten

Auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik werden seit über zehn Jahren neben Außenluftbedingungen und Strahlungsdaten auch die Oberflächentemperaturen von westorientierten, rückseitig gedämmten Prüfflächen kontinuierlich erfaßt. Bild 3 zeigt einen Ausschnitt der Wetterstation mit den exponierten Prüfflächen, wobei die Temperaturen jeweils in der Mitte des schwarzen und des weißen Feldes direkt unter dem Anstrich gemessen werden. Eine Auswertung der mittleren Tageszyklen der Oberflächentemperatur und –feuchte des weißen

Prüffeldes und der gleichzeitig gemessenen Außenluftbedingungen über einen Zeitraum von drei Jahren ist für die unterschiedliche Jahreszeiten in Bild 4 dargestellt. Eine nächtliche Unterkühlung der Prüfflächen ist zu allen Jahreszeiten zu beobachten. Die langfristig höchste Oberflächenfeuchte bei gleichzeitig moderaten Temperaturen ist jedoch im Herbst zu verzeichnen. Deshalb sind die Wachstumsbedingungen für Algen im Herbst in der Regel günstiger als in den anderen Jahreszeiten, so daß sich weitere Versuchsauswertungen auf den Herbst beschränken lassen.

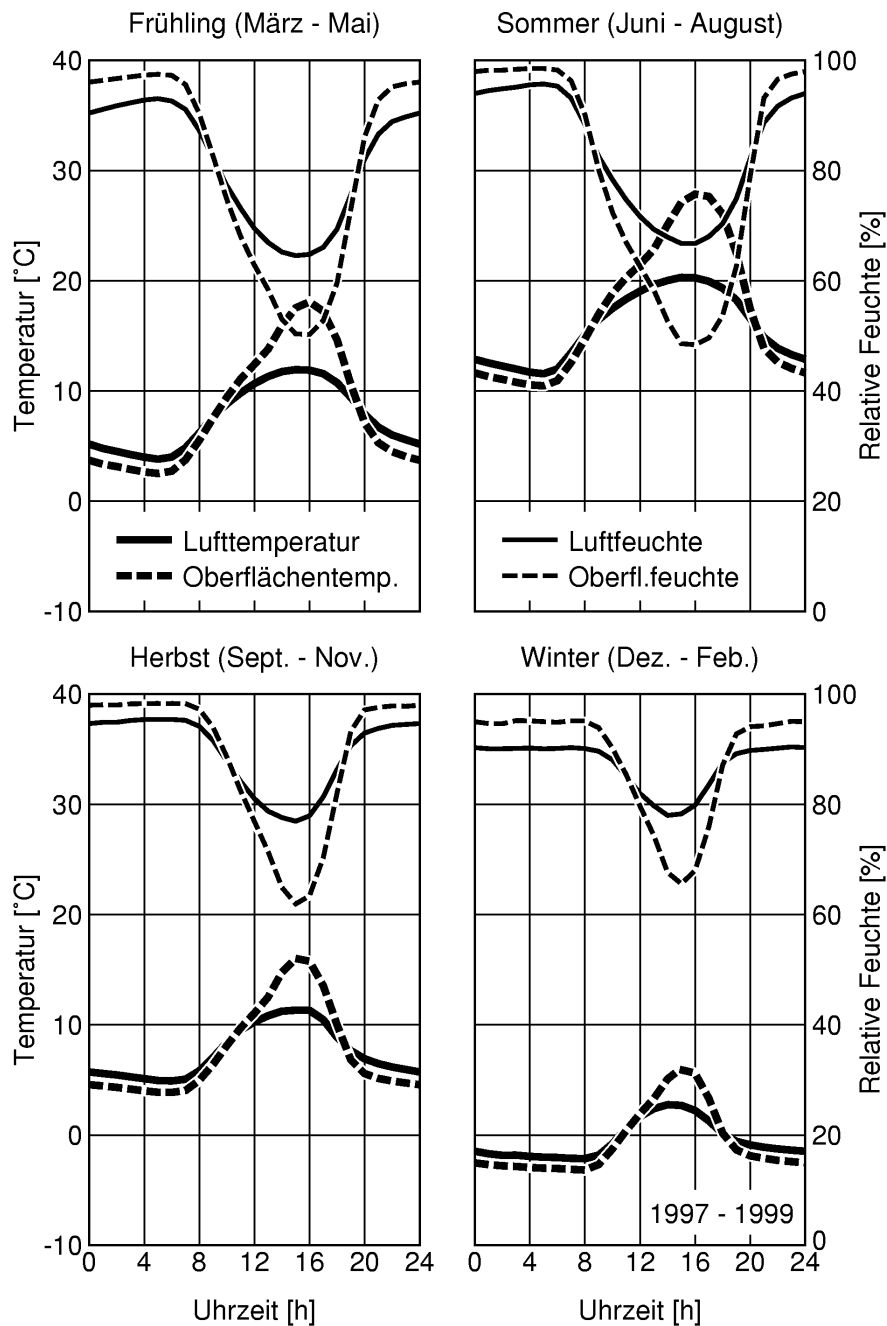


Bild. 4: Mittlere Tageszyklen der gemessenen Oberflächentemperatur und der daraus ermittelten Oberflächenfeuchte der weißen Prüffläche von Bild 3 (gestrichelte Linien) im Vergleich zu den Außenluftbedingungen.

4. Objektuntersuchungen

Die Ergebnisse von den exponierten Prüfflächen sind qualitativ auf die Verhältnisse an Gebäuden übertragbar. Inwieweit sie auch quantitativ übertragbar sind kann nur durch parallele Objektmessungen beantwortet werden. Gegenstand dieser Untersuchungen ist ein beheiztes Testhaus, das im Rahmen des intentionalen IEA-Projektes Annex 24 (HAMTIE) errichtet wurde. Bild 5 zeigt die West- und Südfassade (Fenster) des eingeschossigen unterkellerten Hauses. Die Umschließungsflächen bestehen aus unterschiedlichen Wandkonstruktionen mit ähnlichem Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert). Betrachtet wird die Westwand ($U = 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$) mit einer 80 mm dicken Außendämmung (WDVS) auf 240 mm Kalksandsteinmauerwerk sowie die nach Norden und Süden orientierten monolithischen Wandabschnitte ($U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$) aus 365 mm porosiertem Leichtziegel mit weiß und rot eingefärbtem Verputz.



Bild 5: Westfassade mit WDVS (links) und Südfassade in der Mitte mit weiß und rot gestrichenen monolithischen Außenwänden des HAMTIE-Testhauses

4.1 Wärmedämm-Verbundsystem

Die mittleren Tageszyklen der Außenoberflächentemperaturen, gemessen in der Mitte des Wärmedämm-Verbundsystems, und die daraus resultierenden Oberflächenfeuchten sind jeweils für den selben Zeitraum (16. Sept. bis 24. Okt. 1994) im Vergleich zu den Ergebnissen von der exponierten Prüffläche unter Angabe der Außenluftbedingungen in Bild 6 dargestellt. Die Oberflächentemperatur der exponierten Prüffläche verläuft tagsüber fast identisch mit der Außenwandtemperatur. Nachts liegt sie geringfügig unter der Oberflächentemperatur des WDVS. Das bedeutet, daß die Wärme aus dem Innenraum die Außenoberflächentemperatur und damit auch –feuchte nur unwesentlich beeinflusst. Deshalb kann bei Wärmedämm-Verbundsystemen entsprechender Dämmschichtdicke von einer thermischen Entkoppelung, der Fassade von den Raumluftverhältnissen gesprochen werden.

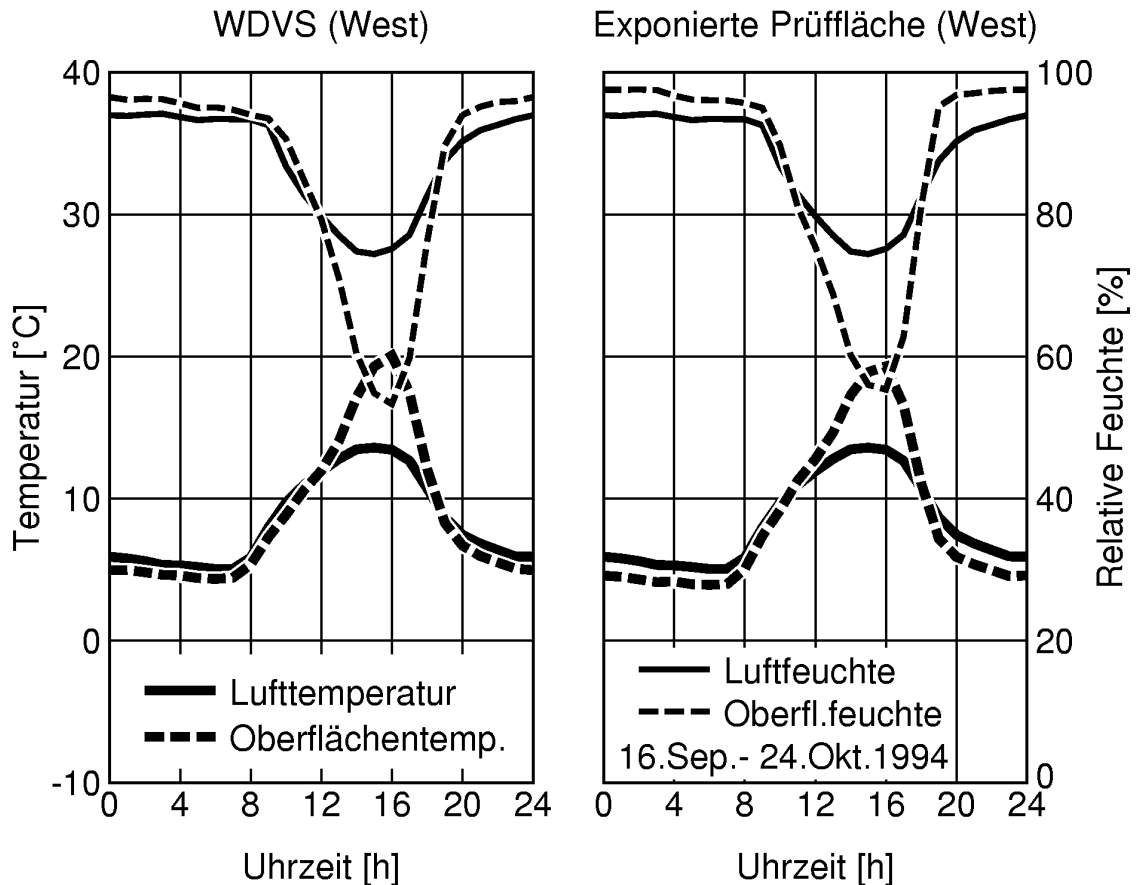


Bild 6: Mittlere Tageszyklen der gemessenen Oberflächentemperaturen und der daraus ermittelten Oberflächenfeuchten der WDVS-Fassade des HAMTIE-Hauses (Bild 5) und der weißen Prüffläche (Bild 3) im Vergleich zu den Außenluftbedingungen.

4.2 Monolithische Wand

Die gleichen mittleren Tageszyklen, wie in Bild 6, für die Oberflächenverhältnisse der nach Norden und Süden orientierten monolithischen Wände des HAMTIE-Hauses zeigt Bild 7. Während die Oberflächentemperatur des WDVS in Bild 6 durch nächtliche Abstrahlung unter die Außenlufttemperatur fällt, bleibt sie bei den nach Süden orientierten monolithischen Wänden immer deutlich darüber. Auch auf der nicht besonnenen Nordfassade wird nachts die Lufttemperatur nicht unterschritten. Dafür bleibt die Oberflächentemperatur dort tagsüber unter der Umgebungslufttemperatur, ohne daß dabei jedoch eine ausgeprägte Tauwassergefahr besteht, da die Umgebungsluftfeuchte mit steigender Temperatur zurückgeht. Die rote Einfärbung der Wände führt zu einer Erhöhung der Oberflächentemperatur und gleichzeitig zu einer Reduktion der Oberflächenfeuchte, die auf der Südseite naturgemäß stärker ausgeprägt ist als auf der Nordseite. In jedem Fall führt die Einfärbung zu einer Verschlechterung der mikrobiellen Wachstumsbedingungen und stellt damit bereits eine, der im nächsten Abschnitt beschriebenen, bauphysikalischen Lösungsmöglichkeit des Algenproblems dar.

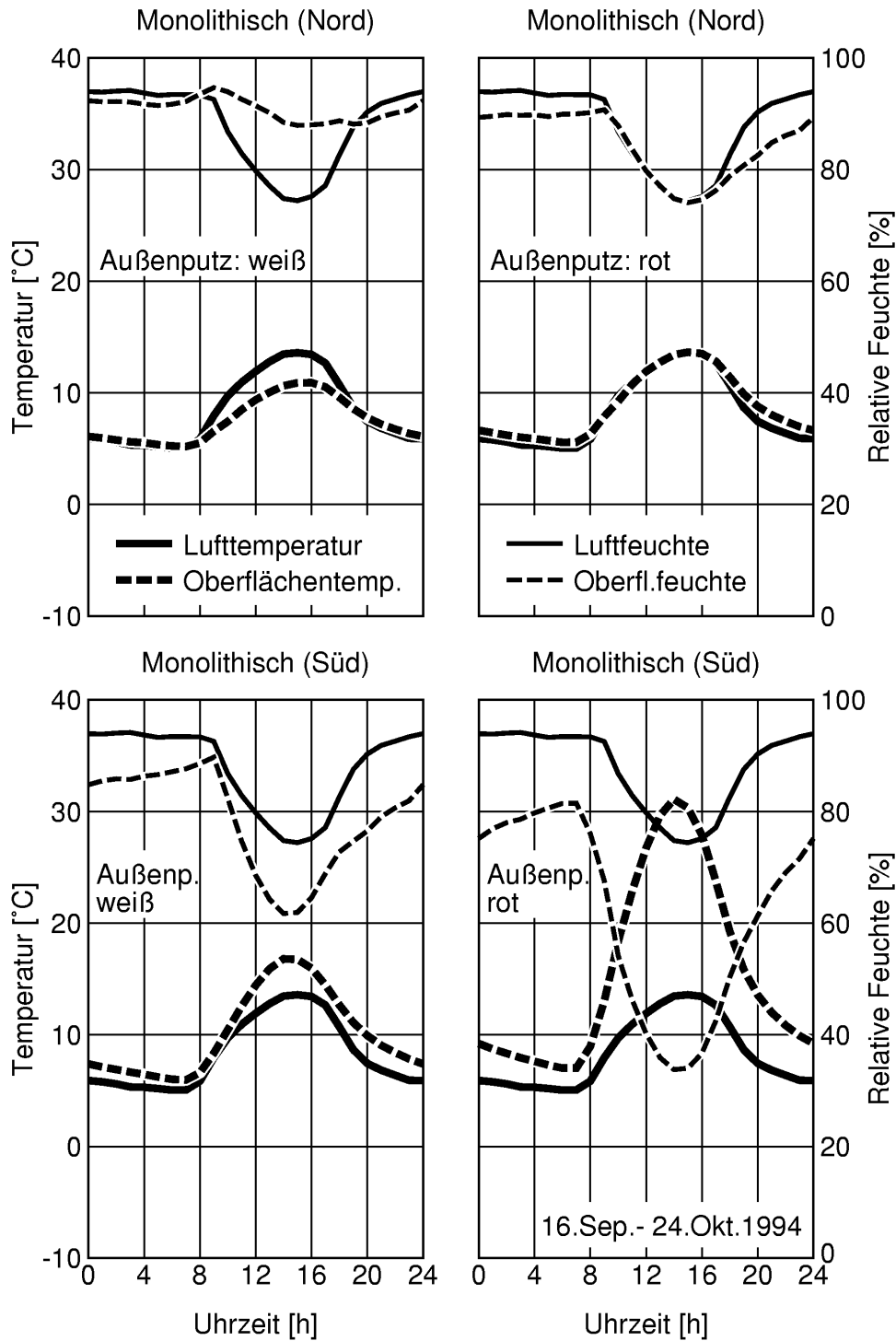


Bild 7: Mittlere Tageszyklen der gemessenen Oberflächentemperaturen und der daraus ermittelten Oberflächenfeuchten der nach Norden und Süden orientierten monolithischen Außenwände des HAMTIE-Hauses.



Bild 8: Nach Süden orientierte Testfassade eines ca. 4 m hohen beheizten Versuchsgebäudes zur energetischen Beurteilung unterschiedlicher Außenwandausschnitte. Die grauen Zwillingsfelder rechts oben sind als WDVS mit und ohne infrarot-reflektierendem Anstrich ausgeführt.

5. Ansätze zur bauphysikalischen Lösung des Algenproblems

Wie bereits erwähnt, stellt die abstrahlungsbedingte Unterkühlung von Fassaden und des damit verbundenen Tauwasserausfalls, neben einer starken Niederschlagsbelastung die eigentliche Grundlage für das Algenwachstum dar. Eine hohe Wärmespeicherfähigkeit der Außenbauteile, wie sie z.B. bei monolithischen Wänden vorhanden ist vermindert die Gefahr der Unterkühlung deutlich. Eine weitere Verbesserung kann, wie bereits gezeigt, die Einfärbung der Fassadenoberfläche bringen, da dadurch tagsüber größere Strahlungsenergiegewinne möglich sind. Um diese Energiegewinne über die Nacht zu retten, ist eine entsprechende Speichermasse notwendig, die jedoch bei Wärmedämm-Verbundsystemen in der Regel nicht vorhanden ist. Eine aussichtsreichere Möglichkeit stellt hier der Einsatz von infrarot-reflektierenden Anstrichen dar [3]. Diese Anstriche reduzieren durch eine geringere langwellige Emission den Strahlungsaustausch der Fassade mit dem Nachthimmel und vermindern dadurch die Gefahr der Unterkühlung. Bild 8 zeigt die Südseite eines Testgebäudes mit unterschiedlichen Wandaufbauten und Anstrichen. In der rechten oberen Ecke befinden sich zwei grau gefärbte Wandausschnitte mit WDVS, von denen einer mit einem normalen und der andere mit einem infrarot-reflektierenden Anstrich versehen wurde. Die bereits bekannten mittleren Tageszyklen sind für beide Anstrichsysteme in Bild 9 dargestellt. Wie gehabt, ist beim herkömmlichen Anstrich auf WDVS eine markante Unterkühlung der Außenoberfläche zu verzeichnen. Demgegenüber bewirkt der infrarot-reflektierende Anstrich einen deutlichen Rückgang der Unterkühlung mit entsprechender Reduktion der Oberflächenfeuchte.

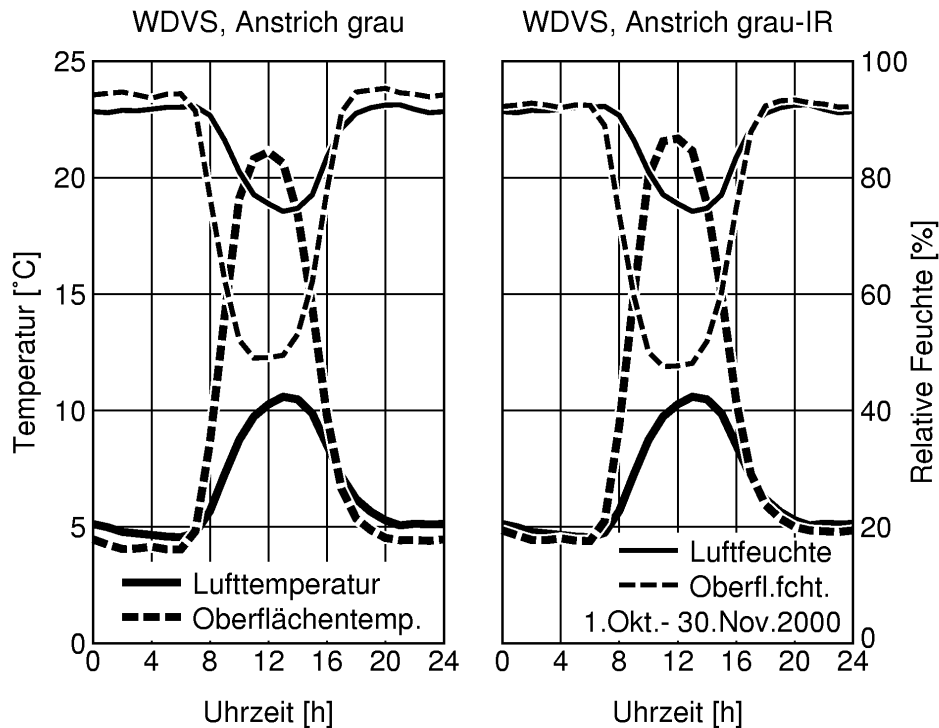


Bild 9: Mittlere Tageszyklen der gemessenen Oberflächentemperaturen und der daraus ermittelten Oberflächenfeuchten von nach Süden orientierten grauen WDVS-Elemente (Bild 8) mit und ohne infrarot-reflektierendem Anstrich.

6. Schlußfolgerungen und Ausblick

Die vorgestellten experimentellen Ergebnisse bestätigen rechnerische Untersuchungen in [4], die bei Wärmedämm-Verbundsystemen im Vergleich zu monolithischen Wänden ebenfalls eine erhöhte Außenputzfeuchte ergeben haben. Diese Situation erklärt die stärkere Algenanfälligkeit von WDVS im Vergleich zu anderen Wandkonstruktionen, da das Wasser eine Grundvoraussetzung für mikrobiologischen Bewuchs darstellt. Eine häufig angewandte Lösung des Problems besteht in der Beimengung von Bioziden in die Außenputzmischungen. Die Wirkung von Bioziden setzt jedoch eine gewisse Löslichkeit voraus, sonst können sie von den Mikroorganismen nicht aufgenommen werden. Durch die damit verbundenen Auswaschvorgänge ist daher ihre Wirksamkeit vor allem auf der Wetterseite deutlich begrenzt. Besser wären in diesem Zusammenhang bauphysikalische Lösungsansätze, die eine Reduktion der Oberflächenbetauung bzw. eine rasche Rücktrocknung zum Ziel haben. Als Beispiele wurde die Einfärbung der Fassade und die Applikation von infrarot-reflektierenden Anstrichen betrachtet, die beide eine deutliche Verbesserung der Situation bringen können.

In jedem Fall besteht weiterer Untersuchungsbedarf, insbesondere was die Einflußfaktoren Niederschlagsbelastung und Baufeuchte anbelangt. Genauso wichtig sind auch eine exakte Bestandsaufnahme und ggf. gezielte Untersuchungen der biologischen Hintergründe des Algenwachstums. Dazu läuft derzeit am IBP ein umfangreiches Verbundvorhaben. Bei diesem

Vorhaben steht die Vermeidung von mikrobiellem Bewuchs ohne Einsatz von Bioziden im Vordergrund. Als Lösungsansätze werden neben infrarot-reflektierende Beschichtungen, unterschiedliche Hydrophobierungen der Fassade und der Einsatz wärmespeichernder Außenputze untersucht.

7. Literatur

- [1] Blaich, J.: *Außenwände mit Wärmedämm-Verbundsystem, Algen- und Pilzbewuchs*. Deutsches Architektenblatt 31 (1999), H.10, S.1393-1394.
- [2] Klinkenberg, G. und Venzmer, H.: *Algen auf Fassaden nachträglich wärmegeämmter Plattenbauten – Schadensmaß, Ursachen und Lösungen für ein Anti-Algenkonzept*. FAS-Schriftenreihe (2000) Heft 11, S.29-40.
- [3] Kießl, K.: *Wie beeinflussen IR-wirksame Beschichtungen das thermische Verhalten von Außenwänden?* Bauphysik-Symposium zum 60. Geburtstag von Prof. Gertis, Sindelfingen Nov. 1998.
- [4] Künzel, H.M. und Holm, A.: *Praktische Beurteilung des Feuchteverhaltens von Putzen durch moderne bauphysikalische Bewertung*. WTA-Schriftenreihe (1999) Heft 20, S.117-131.

Weitere Informationen zum Thema Algen sind enthalten im Sonderheft Dahlberg-Kolloquium Altbauinstandsetzung 3 (Hrsg. H. Venzmer), Verlag Bauwesen Berlin 2001