

IBP-MITTEILUNG

546

43 (2016) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Hartwig M. Künzel, Andreas Zegowitz,
Michael Würth

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-00
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley
Telefon +49 8024 643-0

Standort Kassel
Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel
Telefon +49 561 804-1870

www.ibp.fraunhofer.de

KLIMASIMULATION MASSGESCHNEIDERT FÜR QUALITÄTSSICHERUNG UND ENTWICKLUNG

EINLEITUNG

Die Lebensdauer industriell gefertigter Produkte ist bekanntermaßen endlich. Schäden oder Funktionsstörungen können zu einem vorzeitigen Ende der Lebensdauer führen und einen Austausch oder Reparaturmaßnahmen notwendig machen. Deshalb sind Witterungsbeständigkeit und Funktionssicherheit wesentliche Faktoren zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Produkten. Seit langem gibt es die unterschiedlichsten Standardprüfungen zur Qualitätssicherung von Produkten, die jedoch häufig an ihre Grenzen stoßen, wenn es um völlig neue Produkte oder bewährte mit geänderten Einsatz geht. In diesen Fällen ist die **Klimasimulation** als eine Art **Hygrothermische Umweltsimulation** die Methode der Wahl, um Aussagen zu Eignung und Schadenspotenzial eines Produktes treffen zu können.

BEGRIFFSDEFINITIONEN

Klimasimulation – bedeutet künstliche Beanspruchung von Produkten durch wechselnde klimatische Randbedingungen zur

- Überprüfung von Witterungsbeständigkeit und Gebrauchstauglichkeit unter wechselnden hygrothermischen Bedingungen,
- Erforschung des hygrothermischen Verhaltens von Materialien und Systemen unter verschiedenartiger klimatischer Beanspruchung und Validierung von Modellansätzen zur mathematischen Beschreibung der auftretenden Phänomene,

- Entwicklung von Produkten zum Schutz vor extremen Klimabeanspruchungen.

Gebrauchstauglichkeit – Erfüllung von vordefinierter Funktion und Nutzen ohne Einschränkungen oder unakzeptable Nebenwirkungen.

Witterungsbeständigkeit – Erhalt der Gebrauchstauglichkeit über die geplante Lebensdauer des Produkts, d. h. Schadensfreiheit, Funktionssicherheit, Ästhetik, hygienische und umwelttechnische Unbedenklichkeit, etc. müssen bis zum Ende der Standzeit gewährleistet bleiben.

Klimabeanspruchung – Ein- oder mehrdimensionale, stationäre oder instationäre Beanspruchung eines Objekts durch Klimawirkungen. Diese setzen sich zusammen aus meteorologischen Parametern wie Lufttemperatur, -feuchte, kurz- und langwellige Strahlung, Niederschläge, Wind und evtl. Salz, Sand u. a. sowie aus klimatischen Randbedingungen in Räumen jeglicher Art.

KLIMASIMULATIONSMETHODEN

Die Klimasimulation wird meist in speziellen Klimakammern im Labor durchgeführt, allerdings sind, wie im Folgenden dargestellt, auch andere Methoden denkbar:

Die **Labortechnische Klimasimulation** dient der Beanspruchung von Produkten mit unterschiedlichen Klimawirkungen im Labor (z. B. in speziellen Klimakammern). In



der Regel wird nur eine Auswahl der für das Untersuchungsziel relevanten Klimaparameter verwendet und ein- oder beidseitig unterschiedlich beaufschlagt. Die labortechnische Klimasimulation hat den Vorteil, dass beliebige Klimazyklen unabhängig von den realen Witterungsverhältnissen vor Ort gefahren werden können, ohne dass Jahreszeiten oder aktuelle Witterung Grenzen setzen. Dadurch lässt sich auch die Validierung neuer numerischer Simulationsmodelle rascher umsetzen. Zudem sind die Prüf-Randbedingungen sehr gut reproduzierbar, so dass sich durch die Standardisierung Produkte besser vergleichen lassen. Ein weiterer Vorteil ist die Anpassbarkeit der Randbedingungen für Bauteiltests in konkreten Bauvorhaben auf weltweit beliebige Standorte.

Als **Freilandklimasimulation** kann die Exposition von Produkten unter realen Klimabedingungen angesehen werden (z. B. partielle Verschattung, Reduzierung oder Verstärkung der Beregnung etc.), eventuell mit gezielter Steuerung einiger Klimaparameter. Oft werden die Produkte dabei auf der Rückseite einem vordefinierten Raumklima ausgesetzt. Voraussetzung ist neben Steuerung und Dokumentation des Raumklimas die genaue Aufzeichnung aller äußeren Klimaparameter. Die Abhängigkeit von den lokalen Witterungsbedingungen stellt den größten Nachteil der Freilandsimulation dar, obwohl dies manchmal durch Anpassung der Bedingungen kompensiert werden kann. Dafür ist das Produkt den realen Umweltbedingungen ausgesetzt, was vor allem dann eine entscheidende Rolle spielt, wenn unklar ist, welche Klimaparameter das Produktverhalten maßgeblich beeinflussen. Beispiele hierfür sind Untersuchungen zum mikrobiellen Wachstum auf Bauprodukten oder zum Alterungsverhalten von Produkten bei Unkenntnis der Verwitterungsmechanismen. Die Freilandklimasimulation gilt deshalb als notwendige Referenz für die labortechnische und die nachfolgend beschriebene rechnerische Klimasimulation.

Die **numerische** oder auch **rechnerische** Klimasimulation arbeitet mit mathematischen Modellen, die das physikalische Verhalten von Produkten unter vorgegebenen Randbedingungen abbilden. Ein Beispiel dafür sind hygrothermische Simulationsmodelle nach EN 15026. Sie wurden für die Beurteilung des instationären Wärme- und Feuchteverhaltens von Bauteilen unter natürlichen Klimabedingungen entwickelt und validiert. Die Vorteile der numerischen Klimasimulation sind neben Schnelligkeit und Kosteneffizienz die große Flexibilität sowie die Möglichkeit Parameterstudien durchzuführen und in die Zukunft zu extrapolieren. Sie wurde auch schon erfolgreich zur Optimierung und Entwicklung von Baustoffen und Bauteilen eingesetzt. Nachteilig ist, dass nur bekannte Transport- und Alterungsphänomene abgebildet werden und die entsprechenden Materialeigenschaften bekannt sein müssen. Daher sind bei neuen Einsatzbereichen die Ergebnisse grundsätzlich experimentell zu validieren.

MEHRWERT DURCH KOMBINIEREN

Freiland- und Laborklimasimulationen sind oft aufwendig. Die Planung oder Optimierung solcher Testreihen mithilfe der numerischen Simulation ist daher von Vorteil. Beispielsweise können für die Auswahl von Produktvarianten und Randbedingungen die kritischsten Kombinationen vorab durch Vergleichsrechnungen ermittelt werden. Während die Simulationsergebnisse in ihren absoluten Werten oft Unsicherheiten aufweisen, sind die Ergebnisse solcher Vergleichsrechnungen in der Regel sehr zuverlässig.

Ziel der labortechnischen Klimasimulation ist es meist, die in der Realität ablaufenden Alterungsvorgänge durch Überhöhung einzelner Parameter (z. B. Temperatur, Bestrahlungsstärke, Änderungsgeschwindigkeit) oder weglassen nicht relevanter Phasen (z. B. Nacht, Übergangsphasen) zu beschleunigen. Dabei muss allerdings ver-

mieden werden, dass insbesondere durch die Überhöhung der Klimaparameter unnatürliche Veränderungsprozesse ablaufen. Für Bauvorhaben bezogene Prüfungen sind diese zudem den örtlichen Klimazonen anzupassen, insbesondere wenn ergänzend zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit auch ein mögliches spontanes Versagen bei extremeren Witterungsbedingungen ein weiteres Untersuchungsziel darstellt. Numerische Simulationen oder Ergebnisse aus Freilandversuchen können hier helfen, die real auftretenden Beanspruchungsmaxima zu identifizieren. Beispiele sind sommerliche Temperaturspitzen oder winterliche Tiefsttemperaturen. Manchmal sind aber auch mittlere Temperaturen ausschlaggebend, wenn sie mit einer hohen Feuchte einhergehen. Beispielsweise haben systematische Beobachtungen gezeigt, dass der Bewuchs von Fassaden durch Mikroorganismen hauptsächlich im Herbst stattfindet, da es wegen der höheren Luftfeuchte zu einer stärkeren Befeuchtung der Oberflächen kommt. Aus einer Aneinanderreihung von typischen Beanspruchungsmaxima, wie z. B. durchschnittlichen Herbsttagen oder auch heißen Sommer- bzw. kalten Wintertagen ist es möglich, Beanspruchungszyklen zu generieren, die in der Klimakammer eine Beschleunigung der real auftretenden Verwitterungsphänomene hervorrufen. Diese Vorgehensweise ermöglicht ein maßgeschneidertes Schnelltestkonzept und wird daher auch Test-Tailoring genannt.

Weitere Informationen unter www.klimasimulation.de

- 1 *Zeitgeraffte Bewitterung eines Glasdachs mit Einbauten im Scheibenzwischenraum.*
- 2 *Schlagregenprüfung einer Glasfassade mit Pfosten-Riegelkonstruktion.*
- 3 *Erprobung einer Antieis-Beschichtung im Klimawindkanal (links ohne, rechts mit Funktionsschicht).*