

**di-sta -
„Einheimisches, dimensionsstabilisiertes Holz
im Fenster- und Fassadenbau“**

Auftraggeber:	Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V. Bayerstrasse 57 – 59 80335 München														
Gefördert durch:	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie Prinzregentenstrasse 28 80538 München														
Bearbeitet von:	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">Martin Götz</td> <td style="width: 40%;">- isp Rosenheim</td> </tr> <tr> <td>Prof. Dr. H. Martin Illner</td> <td>- FH Rosenheim</td> </tr> <tr> <td>Andreas Krause</td> <td>- Uni Göttingen</td> </tr> <tr> <td>Prof. Dr. Holger Militz</td> <td>- Uni Göttingen</td> </tr> <tr> <td>Prof. Josef Schmid</td> <td>- isp Rosenheim</td> </tr> <tr> <td>Prof. Dr. Bernhard Schwarz</td> <td>- FH Rosenheim</td> </tr> <tr> <td>Prof. Dr. Karl Stetter</td> <td>- FH Rosenheim</td> </tr> </table>	Martin Götz	- isp Rosenheim	Prof. Dr. H. Martin Illner	- FH Rosenheim	Andreas Krause	- Uni Göttingen	Prof. Dr. Holger Militz	- Uni Göttingen	Prof. Josef Schmid	- isp Rosenheim	Prof. Dr. Bernhard Schwarz	- FH Rosenheim	Prof. Dr. Karl Stetter	- FH Rosenheim
Martin Götz	- isp Rosenheim														
Prof. Dr. H. Martin Illner	- FH Rosenheim														
Andreas Krause	- Uni Göttingen														
Prof. Dr. Holger Militz	- Uni Göttingen														
Prof. Josef Schmid	- isp Rosenheim														
Prof. Dr. Bernhard Schwarz	- FH Rosenheim														
Prof. Dr. Karl Stetter	- FH Rosenheim														
Projektleitung:	isp Rosenheim – Ingenieurbüro Prof. Schmid Hechtseestrasse 16 83022 Rosenheim														

isp Rosenheim
Hechtseestrasse 16
83022 Rosenheim

Tel.: (0 80 31) 22 27-8 64
Fax: (0 80 31) 22 27-8 62
Email: mail@isp-rosenheim.de
Web: www.isp-rosenheim.de

1. Einführung

In vielen Stilepochen der Architektur ist das Fenster ein wichtiges Gestaltungselement, um den jeweiligen Zeitgeist zu beschreiben und die technischen Möglichkeiten der Werkstoffe und Konstruktionen zu zeigen. Holz war dabei über lange Zeit der einzige Werkstoff, der es ermöglichte, Glas in der gewünschten Form zu umrahmen und neben feststehenden Fenstern auch bewegliche Flügel herzustellen.

Durch handwerkliche Regeln wurde das hierfür notwendige Wissen im Umgang mit Glas, Holz und Metall überliefert. Dies war möglich, weil die Zeitfenster in den früheren technologischen Entwicklungsstufen groß genug waren, um sich durch praktische Erfahrungen den Grenzen, die durch die Architektur, die Bautechnik und Nutzerwünsche beschrieben wurden, zu nähern.

Aus historischen Bauten kennen wir zum Teil noch Fenster der verschiedenen Entwicklungsstufen, die uns durch ihre klaren und einfachen Konstruktionen überraschen. So entwickelten sich aus handwerklicher Erfahrung in Verbindung mit der Kenntnis der wichtigsten Eigenschaften des Holzes Fenster, deren wesentliche Konstruktionselemente noch in unserer durch moderne Fertigungstechnik geprägten Zeit Bestand haben. Dennoch müssen wir uns fragen, warum Holzfenster heute im Wettbewerb mit anderen Rahmenwerkstoffen Marktanteile verlieren.

Die Gründe sind weitgehend bekannt, auch wenn Konsequenzen daraus kaum erkennbar sind, denn

- ⇒ der Wunsch des Bauherrn nach einem möglichst pflegeleichten Bauteil über eine angemessene Nutzungsdauer wird wenig beachtet.
- ⇒ die veränderten Umgebungsbedingungen am eingebauten Fenster werden bei der Auswahl der Werkstoffe und der Festlegung der Konstruktion nicht berücksichtigt.

Im Forschungsvorhaben „di-sta“ waren in Verbindung mit dem Einsatz von dimensionsstabilisiertem einheimischen Holz diese Fragen zu beantworten und Orientierungswissen für die Konstruktion und Herstellung von Fenstern und Fassaden zu erarbeiten. Die zu erwartenden höheren technischen Anforderungen, die erkennbaren Gestaltungswünsche der Architekten und die sich abzeichnende Anbindung an die Gebäudetechnik waren darüber hinaus zu beachten.

Als Fassaden in Verbindung mit dem Projekt di-sta sind die das Tragwerk eines Gebäudes umhüllenden Bereiche der Außenhaut, bestehend aus Rahmen und Ausfachungen, zu verstehen.

2. Ansatz zur Verwendung von dimensionsstabilisierten Holz

Eine Schwachstellenanalyse an Fenstern und Fassaden aus Holz zeigte, dass Veränderungen aus der Einwirkung von Feuchtigkeit in Verbindung mit der üblichen Fertigungstechnik bereits nach einer kurzen Nutzungsdauer zu Schäden führen. Diese zeigen sich zunächst als Schäden in der Oberflächenbehandlung, wenngleich ihre primäre Ursache in der Feuchtigkeitsaufnahme des Holzes und dem damit verbundenen Quellen und Schwinden so wie in der geringen Haftung der Anstrichfilme auf nassem Holz liegt. Begünstigt wird die Feuchtigkeitsaufnahme u. a. durch undichte Fugen in der Konstruktion, wie sie häufig an Rahmenverbindungen entstehen.

Das Feuchtigkeitsangebot beschränkt sich dabei nicht nur auf den Niederschlag von der Außenseite, sondern erfolgt in zunehmendem Maße auch von der Raumseite. Der konvektive Feuchtigkeitstransport in den Falzen spielt bei der Beanspruchung von der Raumseite eine wesentliche Rolle.

Die Erkenntnisse aus der Schwachstellenanalyse, dass das Verhalten des Holzes bei Feuchtigkeitseinwirkung wesentlichen Einfluss auf das Verhalten des Bauteils hat, war der Ausgangspunkt für die Überlegungen zum Einsatz von dimensionsstabilisiertem einheimischen Holz für Fenster und Fassaden. Die Überlegungen waren auch der Ausgangspunkt für das Forschungsprojekt.

In Abbildung 1 ist das Szenario aufgezeigt, das dem Projekt zu Grunde liegt. Wichtig ist bei der Weiterentwicklung die Beachtung der Schlüsselfaktoren, d. h. die Einbeziehung des Bauherrn in die Betrachtung und die Zukunftsprojektion mit den wesentlichen Eigenschaften und Optionen für die Zukunft.

Aus den entwickelten Szenarien ergibt sich, dass es im derzeitigen Entwicklungsstand der Holzvergütung sinnvoll erscheint, das mit dem vergüteten Holz hergestellte Fenster in den Bereich der Nischenprodukte und in den Bereich der innovativen Produkte einzustufen. Nach dem Kenntnisstand ist es nicht Erfolg versprechend, ein Produkt für den Gesamtmarkt und damit ein Massenprodukt anzustreben.

Aus den Szenarien ergeben sich dann entsprechend der Zielsetzung des Projektes die Handlungsoptionen, die in Abbildung 2 skizziert sind. Danach war es nicht das Ziel des Vorhabens, Fenster zu entwickeln. Ziel war es, Wissen für den Konstrukteur und Verarbeiter zur Verfügung zu stellen, das sie in die Lage versetzt, neue Fenster den Wünschen der Bauherrn und Architekten entsprechend unter Beachtung der Gebrauchstauglichkeit zu entwickeln. Dabei sollte das Fenster ein Markenprodukt werden, das sich aufbauend auf den Grundfunktionen vom Wettbewerb erkennbar unterscheiden kann.

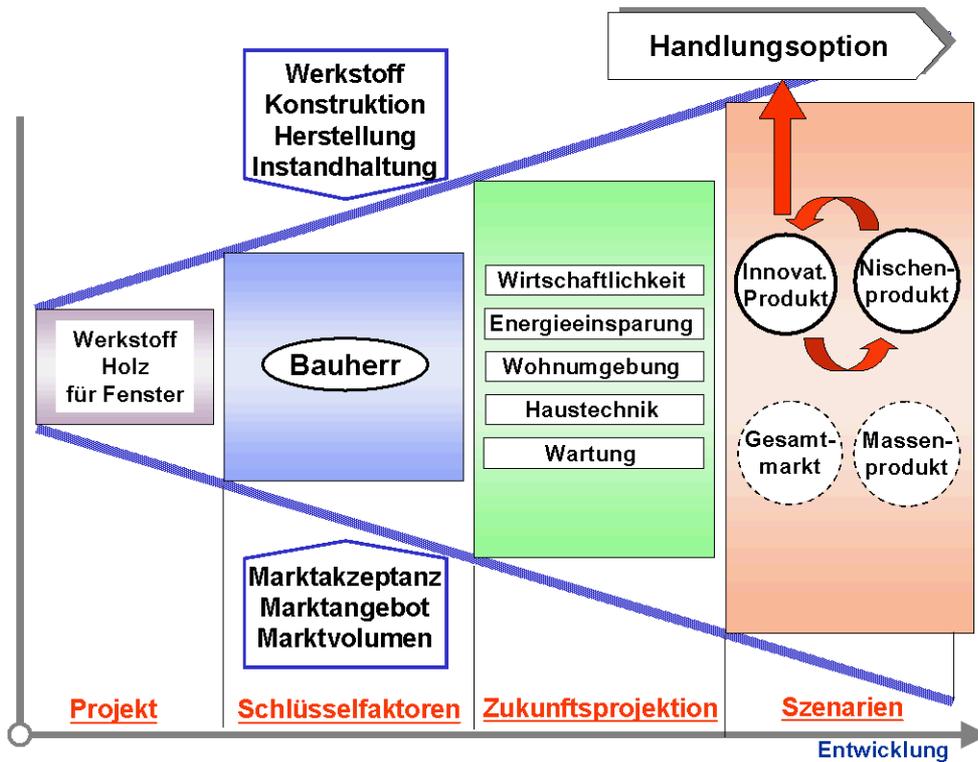


Abbildung 1 Entwicklung der Szenarien für die Einordnung von Fenstern aus vergütetem Holz

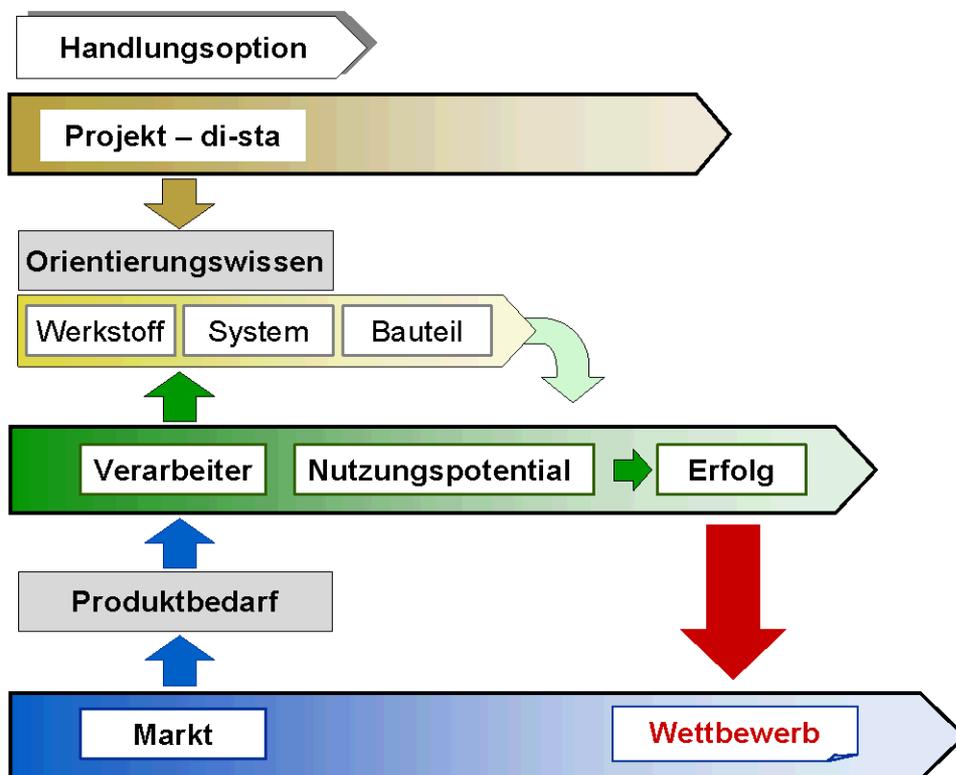


Abbildung 2 Handlungsoption – abgeleitet aus den Szenarien zur Darstellung und Anwendung des Orientierungswissens

Aus der Zielsetzung, Orientierungswissen für die Konstruktion und Herstellung von Fenstern und Fassaden zu erarbeiten und zugleich Anforderungen an den Werkstoff zu beschreiben ergab sich eine Strukturierung der Arbeiten in „Werkstoff“ – „System“ – „Bauteil“. Die Struktur baut aufeinander auf, wobei erfolgreiche Ergebnisse der Vorstufe jeweils Grundlage der folgenden Stufe sind.

Die einzelnen Stufen lassen sich wie folgt abgrenzen:

⇒ Werkstoff

Untersuchung und Beschreibung der Eigenschaften des Werkstoffes auf der Grundlage einheitlicher Verfahren zum Vergleich mit anderen Werkstoffen, z.B. beim Quell- und Schwindverhalten

⇒ System

Untersuchung des Verhaltens des Werkstoffes in Verbindung mit anderen Werkstoffen oder anderen Systemen, z.B. bei der Verklebung und Oberflächenbehandlung, mit kontrollierten planmäßigen Einwirkungen, im Hinblick auf die geplante Anwendung;

⇒ Bauteil

Untersuchung des Verhaltens des Bauteiles unter baupraktischen Bedingungen und Beschreibung der notwendigen Merkmale für Konstruktion, Herstellung und Nutzung

3. Vergütungsverfahren

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden fünf Verfahren ausgewählt, bei denen die Entwicklung so weit fortgeschritten war, dass mit der Bereitstellung von geeignetem Material während der Laufzeit des Forschungsvorhabens zu rechnen war.

Darüber hinaus wurde vereinbart, dass die übrigen bekannten Verfahren, die sich noch im Laborstadium befanden, in ihrer Entwicklung verfolgt werden.

Die Wirkprinzipien und die damit erreichbaren Verbesserungen der Holzeigenschaften ergeben sich aus Tabelle 1. Die Verbesserungen sind Quellen und Schwinden, die Dauerhaftigkeit und die Wasseraufnahme, welche für die Eignung im Fensterbau von besonderer Bedeutung sind.

Nr.	Verfahren	verfahrenstechnische Grundlagen	Verbesserungen
1	Hitzebehandlung	z. B. Kondensation von Carbonylgruppen mit Hydroxylgruppen durch Erhitzung des Holzes Energieübertragendes Medium: Luft, Öl, Wasserdampf, Stickstoff	Quellen und Schwinden; Dauerhaftigkeit
2	Acetylierung	Anlagerung von Acetylgruppen an Hydroxylgruppen unter Wasserabspaltung	Quellen und Schwinden; Dauerhaftigkeit
3	Holzvernetzung mit DMDHEU	Einlagerung und Reaktion von DMDHEU-Harz in der Zellwand durch Imprägnierung und Erhitzung.	Quellen und Schwinden; Dauerhaftigkeit
4	Harzbehandlung mit Melaminharz	Einlagerung und Reaktion von Melamin-Harz in den Lumina, durch Imprägnierung und Erhitzung.	Quellen und Schwinden; Dauerhaftigkeit
5	Wachs-Harz-Imprägnierung	Einlagerung von Wachs und Harz in die Lumina; dadurch Verschluss der oberflächennahen Lumina	Wasseraufnahme

Tabelle 1 Grundsätze der Vergütungsverfahren und die wesentlichen veränderten Eigenschaften

4. Arbeiten im Projekt

Im Rahmen des Projektes wurden untersucht:

Werkstoff

- ⇒ Feuchtigkeitstechnische Eigenschaften
 - Feuchtigkeitsaufnahme und Feuchtigkeitsabgabe des Holzes
 - Einwirkung von Wasserdampf und Wasser
 - Quell- und Schwindverhalten
 - Wasserdampfdiffusionswiderstand
- ⇒ Dauerhaftigkeit
- ⇒ Mechanische Eigenschaften
 - Biegefestigkeit
 - E-Modul
 - Druckfestigkeit
 - Bruchschlagarbeit
 - Oberflächenhärte
 - Schraubfestigkeit an ausgewählten Schrauben

System

- ⇒ Feuchtigkeitstechnische Eigenschaften
 - Feuchtigkeitsverteilung bei Wasseraufnahme und Feuchtigkeitsabgabe
 - Kapillare Wasseraufnahme über Flächen und Fugen und Verteilung im Holz
- ⇒ Verklebung
- ⇒ Oberflächenverhalten
 - UV-Stabilität und Bewitterungsstabilität des Holzes
 - Beschichtung des Holzes zur Abschätzung des Verhaltens bei verschiedenen Schichtdicken (noch nicht abgeschlossen)
- ⇒ Verhalten bei der Bearbeitung (aus Umfrage und Versuche)
- ⇒ Gesundheits- und Umweltverhalten (Literaturlauswertung)

Bauteil

- ⇒ Schwachstellenanalyse
- ⇒ Betrachtung zur Wasser- und Feuchtigkeitsbelastung
 - Vermeidung der kapillaren Wasseraufnahme
 - Konvektiver Feuchtetransport in Falzen und Fugen
 - Feuchtetransportvorgänge in Fensterrahmen mit Abschätzung der Tauwassergefahr
- ⇒ Konzepte zur Konstruktion von Fenstern
 - Erarbeitung von Vorschlägen
 - Herstellung von Musterfenstern für den Konstruktionstyp „Schichten“
 - Untersuchung von Profilen im Differenzklima für den Konstruktionstyp „Verbundholz (2)“

Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt verschiedene Prinzipien für die Entwicklung neuer Profilquerschnitte, die Grundlage von konstruktiven Ansätzen sind.

Bei der Durchführung des Forschungsprojekts wurden die Stufen „Werkstoff“ – „System“ – „Bauteil“ bearbeitet. Die Arbeiten können mit der Beendigung des Forschungsprojekts nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Insbesondere für die Bewertung der Eigenschaften des Systems und des Verhaltens der Bauteile besteht noch Handlungsbedarf.

Notwendig ist weiter eine Festschreibung von Qualitätsmerkmalen für die verschiedenen Vergütungsverfahren und Angabe von Methoden, wie die zugesagten Eigenschaften mit vertretbarem Aufwand kontrolliert werden können. Die bei den durchgeführten Arbeiten zum Teil festgestellten Streuungen der Eigenschaften bestätigen die Notwendigkeit einer Qualitätskontrolle bei der Vergütung, die gegebenenfalls bereits beim unbehandelten Material beginnen muss.

Die Zielsetzung, Orientierungswissen für den Hersteller von Fenstern und Fassaden bereitzustellen, konnte dennoch erreicht werden.

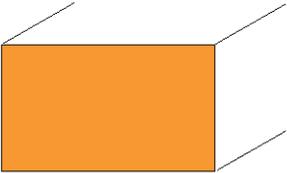
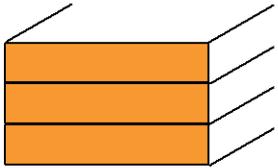
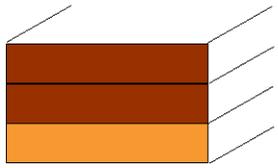
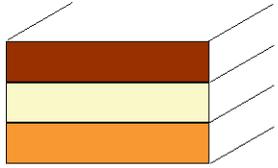
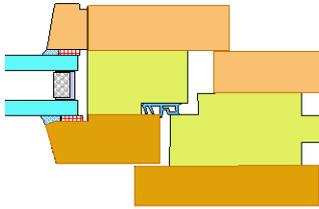
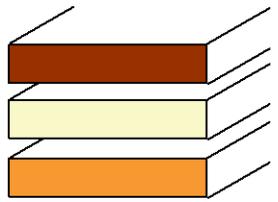
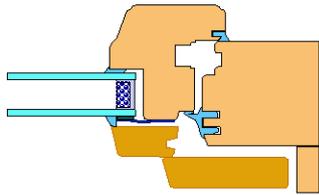
Profil	Aufbau	Verbund
Vollholz monolithisch		voll
Verbundholz (1) alle Lagen aus gleichem Holz.		verklebt
Verbundholz (2) aus unterschiedlichem Holz		verklebt
Verbund Decklagen aus Holz, auch aus unterschiedlichen Holzarten Mittellage aus verschiedenen Werkstoffen		 verklebt
Schichten Decklagen aus Holz, auch aus unterschiedlichen Holzarten Mittellage aus verschiedenen Werkstoffen		 mechanisch verbunden

Tabelle 2: Prinzipieller Aufbau von Fensterkonstruktionen unter Verwendung von dimensionsstabilisiertem Holz

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Untersuchungen an dimensionsstabilisierten Hölzern zeigen, dass sich durch die Vergütung

- ⇒ die Eigenschaften des Holzes, die in Verbindung mit dem Verhalten bei Feuchtigkeitseinwirkung stehen, verbessern.
- ⇒ die mechanischen Eigenschaften des Holzes in Abhängigkeit des Vergütungsverfahrens unterschiedlich verändern.

Das für den Planer, den Konstrukteur und den Verarbeiter notwendige Wissen ist für die in das Forschungsprojekt einbezogenen Forschungsverfahren in den Informationsblättern „Orientierungswissen“ zusammengefasst. Die Struktur der Informationsblätter ist aus Abbildung 3 ersichtlich.

Die mechanischen Eigenschaften der dimensionsstabilisierten Hölzer müssen deshalb durch eine werkstoffgerechte Konstruktion, durch ausreichende Rahmenquerschnitte und durch den Einsatz geeigneter Verbindungsmittel berücksichtigt werden.

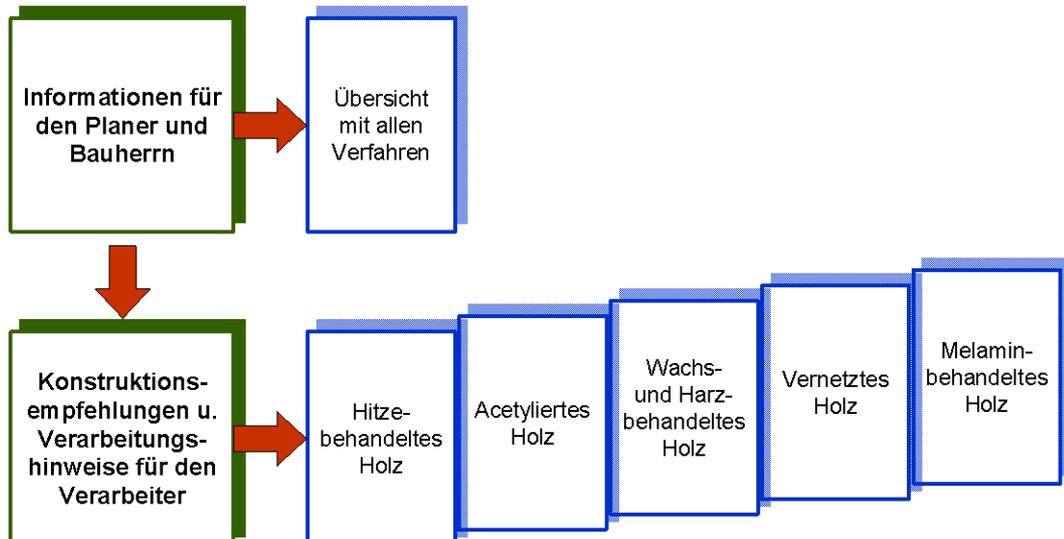


Abbildung 3 Struktur der Informationsblätter zum Orientierungswissen

Bei allen Vergütungsverfahren wurde eine Verbesserung des Verhaltens der dimensionsstabilisierten Hölzer bei Feuchtigkeitseinwirkung im Vergleich zu unbehandelten Hölzern festgestellt. Diese Verbesserung reicht aber nicht aus, um den im Bauwesen wichtigen Grundsatz, der mit dem Slogan „Das Bauen ist ein Kampf gegen das Wasser“ beschrieben werden kann, unbeachtet zu lassen. Dabei sind sowohl die Einwirkungen der Luftfeuchtigkeit von der Raum- und von der Außenseite als auch die Einwirkungen von Niederschlagswasser von der Außenseite zu beachten.