

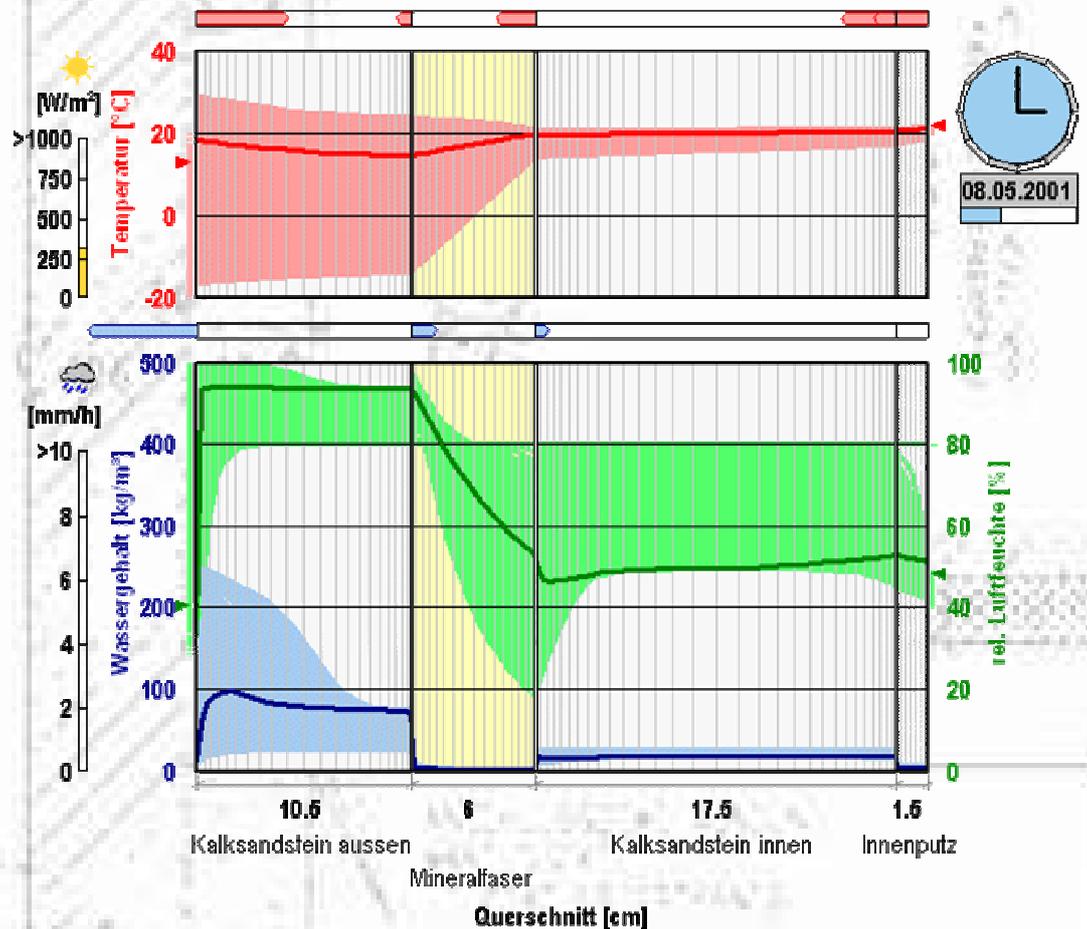
# WUFI® Pro

## Kurzeinführung

Klimaort: Holzkirchen

WUFI®

berechnetes zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein



WUFI® PRO

D. Zirkelbach  
Th. Schmidt  
H.M.Künzel

## VORWORT

Dieses Handbuch dient als kurze Einführung in die Installation, die ersten Schritte mit dem Programm und als erster Überblick über die Möglichkeiten von WUFI® Pro.

Anhand einer Außenwand wird beispielhaft dargestellt, wie eine Konstruktion in das Programm einzugeben ist, wie Sie Rand-, Übergangs- und Anfangsbedingungen festlegen sowie die Berechnung durchführen und bewerten. Weiterhin werden bei jedem Schritt einige Hinweise und Tipps aufgelistet.

Eine abschließende und detaillierte Anleitung bleibt der im Programm enthaltenen Online-Hilfe vorbehalten.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. INSTALLATION</b> .....	<b>4</b>
1.1 Systemvoraussetzungen: .....	4
1.2 Anleitung für die Installation.....	4
<b>2. ÜBERBLICK ÜBER DIE MENÜS</b> .....	<b>7</b>
2.1 Das WUFI®-Hauptfenster .....	7
2.2 Die Menüleiste.....	9
2.3 Die Werkzeugleiste.....	15
<b>3. BEISPIELFALL - SCHRITT FÜR SCHRITT</b> .....	<b>16</b>
Schritt 1: Informationen zu Projekt und Variante .....	19
Schritt 2: Der Bauteilaufbau .....	20
Schritt 3: Monitorpositionen.....	24
Schritt 4: Orientierung, Neigung, Höhe .....	25
Schritt 5: Oberflächenübergangskoeffizienten .....	26
Schritt 6: Anfangsbedingungen .....	27
Schritt 7: Berechnungsintervall .....	29
Schritt 8: Randbedingungen.....	30
Schritt 9: Überprüfung der Eingabedaten.....	37
Schritt 10: Berechnung .....	37
Schritt 11: Bewertung der Ergebnisse.....	38

# 1. Installation

## 1.1 Systemvoraussetzungen:

<b>Prozessor:</b>	IBM-kompatibler PC mit Prozessor ab Pentium o. vglb.
<b>Grafikkarte:</b>	mind. High Color (16 bit) Farbtiefe
<b>Festplatte:</b>	mind. 100 MB freier Speicherplatz
<b>CD-Rom Laufwerk</b>	
<b>Betriebssystem:</b>	Windows 98 / 2000 / XP ab Internet Explorer 4 Microsoft Data Access MDAC ab Version 2.5

## 1.2 Anleitung für die Installation

1. Legen Sie die CD in Ihr CD-Rom-Laufwerk. Der Installationsbildschirm wird automatisch gestartet (Falls dies nicht der Fall sein sollte, suchen Sie die Datei „Start.exe“ im Hauptverzeichnis der CD und starten Sie diese mit Doppelklick).
2. Anschließend klicken Sie auf "WUFI® Pro" und folgen den weiteren Installationsanweisungen. Alternativ können Sie einfach die Datei „Install.exe“ im Hauptverzeichnis der CD starten.
3. Zunächst können Sie die gewünschte Sprache für die Installation aus der Liste wählen und mit OK bestätigen.



4. Beginnen Sie mit der Installation indem Sie die Installations-Info mit „Weiter“ bestätigen.
3. Geben Sie die Daten zu Name, Organisation und Seriennummer entsprechend dem, der Installations-CD beiliegenden Anschreiben ein. Hierbei ist

auf exakt identische Schreibweise (auch Groß-/Kleinschreibung, keine Leerzeichen am Anfang oder Ende der Eingabe) zu achten:

4. Anschließend werden Sie gebeten, die Lizenzvereinbarung (entspricht der bereits von Ihnen unterschriebenen schriftlichen Version) zu akzeptieren. Fahren Sie fort mit „Weiter“.

5. Sie können eingeben, wo WUFI® installiert werden soll. Am einfachsten behalten Sie den vorgeschlagenen Ort (C:\Programme\IBP-Software) bei.



6. Auch der Name des unter „Programme“ im Start-Menü von Windows angelegten Ordners mit den Links auf WUFI® und seine Zusatzsoftware kann individuell gewählt werden.



7. Im nächsten Menü, das die eingegebenen Lizenzdaten sowie Speicherort und Menü-Name nochmals anzeigt wird durch Klicken auf „Installieren“ die Software auf Ihrem Rechner installiert.

## 2. Überblick über die Menüs

In diesem Kapitel erhalten Sie einen kurzen Überblick über das Programm und seine Menüstruktur.

### 2.1 Das WUFI®-Hauptfenster

Sobald Sie WUFI starten, erscheint das unten abgebildete Hauptfenster. Von hier aus erreichen Sie alle anderen Dialoge und Menüs. Eine Kurzbeschreibung der einzelnen Elemente finden Sie auf den folgenden Seiten.



## Die Elemente des Hauptfensters

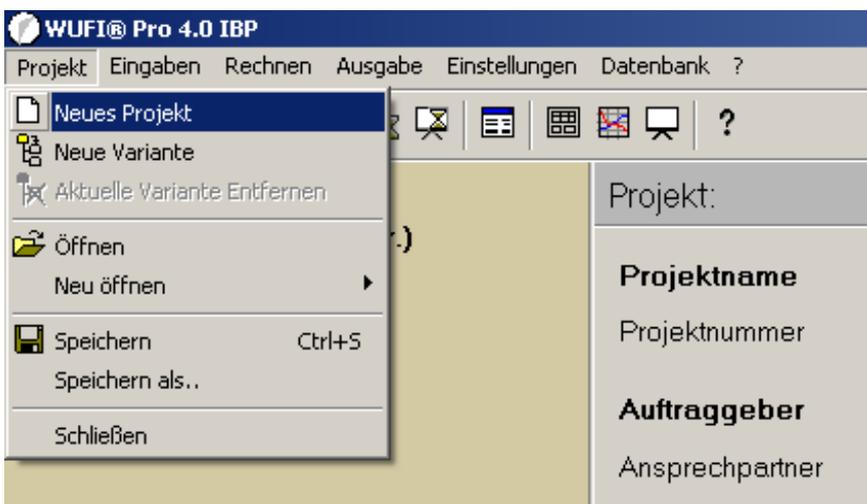
- Titelleiste:** Hier wird der Programmname angezeigt (WUFI® \*.\* Pro), sowie der Name der Projektdatei, falls bereits gespeichert wurde. In der rechten Ecke können Sie mit Hilfe der Standard-Windows-Schaltflächen die Größe des Programmfensters ändern oder das Programm beenden.
- Menüleiste:** Die Menüleiste enthält die verschiedenen Hauptmenüs. Wenn Sie ein Menü mit der Maus öffnen, werden die Einzelmenüs und -befehle angezeigt.
- Werkzeugleiste:** Die häufig benutzten Befehle können auch über die Werkzeugschaltflächen aufgerufen werden – dies ermöglicht einen schnelleren Zugriff.
- Projektexplorer:** Der Projektexplorer ermöglicht alternativ zum Hauptmenü „Eingabe“ in der Menüleiste einen übersichtlichen Zugriff auf die verschiedenen Eingabedaten-Dialoge.
- Dialog "Projektinformation":** Hier können verschiedene Informationen wie Name, Projektnummer, Ansprechpartner und Notizen zum aktuellen Projekt eingetragen werden.
- Statusleiste:** Hier wird das gewählte Einheitensystem angezeigt sowie ggf. der Zeitpunkt des letzten Rechenlaufs.

## 2.2 Die Menüleiste



Die Menüleiste enthält die folgenden sechs Hauptmenüs.

### Das Menü "Projektinformation" (Alt+P)



### Die Untermenüpunkte von "Projektinformation"

**Neues Projekt:** Löscht den Arbeitsspeicher und öffnet eine neue, leere Projektdatei.

**Neue Variante:** Erstellt eine neue Variante innerhalb des aktuellen Projekts.

**Akt. Variante Entfernen:** Entfernt die markierte Variante aus dem aktuellen Projekt.

**Öffnen:** Zeigt den Standard-Windows-Dialog zum Öffnen vorhandener Projektdateien an.

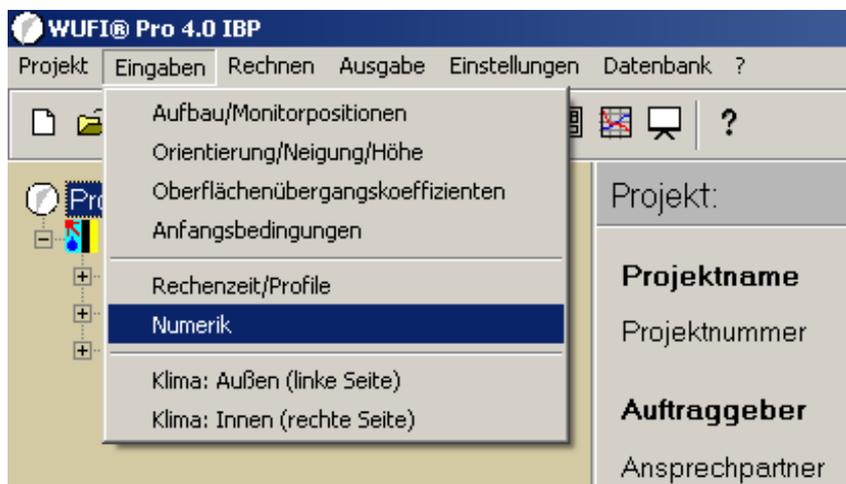
**Neu Öffnen:** Ermöglicht einen schnellen Direktzugriff auf die zehn zuletzt gespeicherten Projektdateien.

**Speichern:** Speichert das Projekt mit Eingabedaten und falls vorhanden Berechnungsergebnissen. Sie sollten zur Sicherung der Eingaben das Projekt vor der Berechnung speichern.

**Speichern als:** Speichert das aktuelle Projekt unter einem neuen Namen (die ursprüngliche Datei bleibt unter ihrem alten Namen unverändert erhalten).

**Schließen:** Beendet WUFI® unter vorheriger Abfrage, ob evtl. vorgenommene Änderungen gespeichert werden sollen.

## Das Menü "Eingabe" (Alt+E)



Die Dialoge dieses Menüs sind alternativ auch über den Projektextplorer erreichbar.

## Die Untermenüpunkte von "Eingabe"

**Aufbau/Monitorpositionen:** Öffnet den gleichnamigen Dialog, der zur Eingabe des Bauteilaufbaus, Definition der Materialparameter und Bestimmung von Monitorpositionen dient.

**Orientierung/Neigung/Höhe:** Öffnet den Dialog, in dem Sie Orientierung und Neigung des Bauteils, sowie dessen Höhe über dem Gelände eingeben.

**Oberflächenübergangskoeffizienten:** Öffnet den Dialog, der zu Eingabe der Übergangskoeffizienten für die Innen- und Außenoberfläche dient.

**Anfangsbedingungen:** Zeigt den Dialog zur Eingabe der Anfangsfeuchten im Bauteil bzw. in den einzelnen Schichten an.

**Rechenzeit/Profile:** In diesem Dialog legen Sie den Startzeitpunkt und den Zeitraum der Berechnung fest.

**Numerik:** Die verschiedenen Optionen diese Dialogs ermöglichen eine genauere Differenzierung der Berechnungsparameter.

**Klima: Außen (linke Seite):** In diesem Dialog können Sie die Außenklimadaten bzw. bei Berechnung einer Innenbauteils die Bedingungen an der linken Seite der Konstruktion definieren. Sie können z.B. einen Klimastandort aus der Karte wählen oder eine auf der Festplatte befindliche Klimadatei auswählen.

**Klima: Innen (rechte Seite):** Öffnet den Dialog, der zur Festlegung des Innenklimas. bzw. der Bedingungen auf der rechten Seite des Bauteils dient. Eine Zuordnung von Außenklima aus der Karte ist hier zwar möglich, da auf dieser Seite jedoch weder Strahlung noch Niederschlag sondern lediglich Temperatur und relative Luftfeuchte berücksichtigt werden können u.U. nicht-sinnvoll.

## Das Menü "Rechnen" (Alt+R)



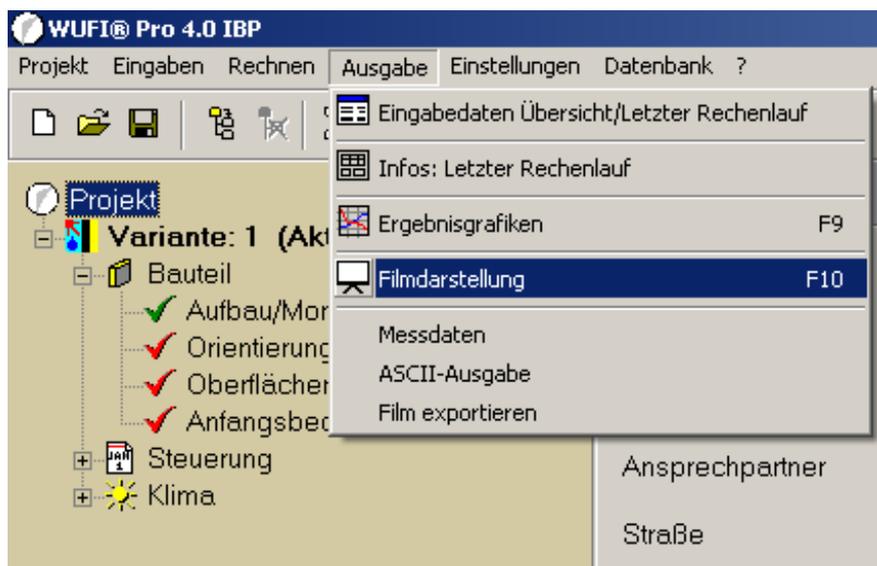
## Die Untermenüpunkte von "Rechnen" (Alt+R)

**Rechnung starten:** Startet die Berechnung. Dabei wird kein "Film" gezeigt sondern lediglich der Berechnungsfortschritt

**Alle Rechnungen starten:** Startet die Berechnung aller in der Projektdatei enthaltenen Varianten nacheinander wiederum ohne Filmdarstellung. Diese Funktion ist vorteilhaft bei der Durchführung umfangreicher Berechnungen z.B. über Nacht. Der Projektbaum wird auf die Anzeige der Variantennamen reduziert und die jeweils aktuell zu berechnende Variante blau hinterlegt.

**Rechnung mit Filmdarstellung starten:** Öffnen Sie diesen Dialog um die Berechnung mit gleichzeitiger Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Wärme- und Feuchteprofile ("Film") innerhalb des Bauteils zu starten.

## Das Menü "Ausgabe" (Alt+A)



## Die Untermenüpunkte von "Ausgabe"

**Eingabedaten Übersicht / Letzter Rechenlauf:** Dieser Dialog zeigt druckbare Datenblätter mit den Eingabedaten (Bauteilaufbau, Materialdaten) und einer Zusammenfassung der letzten Rechnung.

**Infos Letzter Rechenlauf:** Hier finden Sie eine kurze Zusammenfassung der letzten Berechnungsergebnisse.

**Ergebnisgrafiken:** In diesem Dialog werden die Berechnungsergebnisse grafisch als Verläufe oder Profile dargestellt. Sie sind bereits für den Ausdruck vorbereitet.

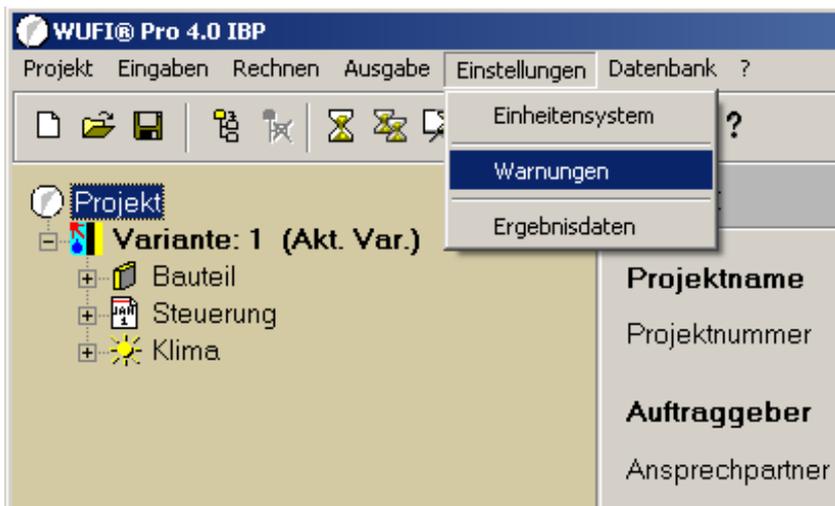
**Filmdarstellung:** Ermöglicht die Darstellung des zeitlichen Verlaufs der thermischen und hygrischen Prozesse ("Film") innerhalb des Bauteils aus bereits vorhandenen Berechnungsergebnissen.

**Messdaten:** In diesem Dialog können Sie ASCII-Dateien mit Messwerten für Verläufe und Profile spezifizieren, die Sie in den Ergebnisgrafiken gemeinsam mit den Rechenergebnissen darstellen wollen. Dies erlaubt den unmittelbaren Vergleich von Rechnung und Messung.

**ASCII-Ausgabe:** Alternativ zur Grafikdarstellung in WUFI® ist es auch möglich, die Rechenergebnisse als ASCII-Datei zu exportieren und in einem anderen Grafikprogramm darzustellen.

**Film exportieren:** Auch den Film können Sie exportieren – dieser kann dann mit dem mitgelieferten Programm Animation 1D abgespielt werden.

## Das Menü "Einstellungen" (Alt+i)



## Die Untermenüpunkte von "Einstellungen"

**Einheitensystem:** Hier können Sie zwischen den Einheitensystemen SI (International System of Units) und IP (Inch-Pound System of Units) wechseln. Wenn Sie „Als Standard setzen“ auswählen, wird WUFI® immer mit dem aktuell ausgewählten Einheitensystem gestartet.

**Warnungen:** Dieser Dialog ermöglicht eine individuelle Auswahl der Ereignisse, die eine Warnmeldung des Programms auslösen sollen.

**Ergebnisdaten:** Wählen Sie in diesem Dialog, welche Ergebnisdaten (Verläufe / Profile, Filmdaten) beim Speichervorgang in die Projektdatei gespeichert werden sollen. Wenn Sie das Speichern der Filmdaten ausschalten können Sie die Größe der Projektdatei auf der Festplatte um etwa 90 % verringern.

## Das Menü "Datenbank" (Alt+D)

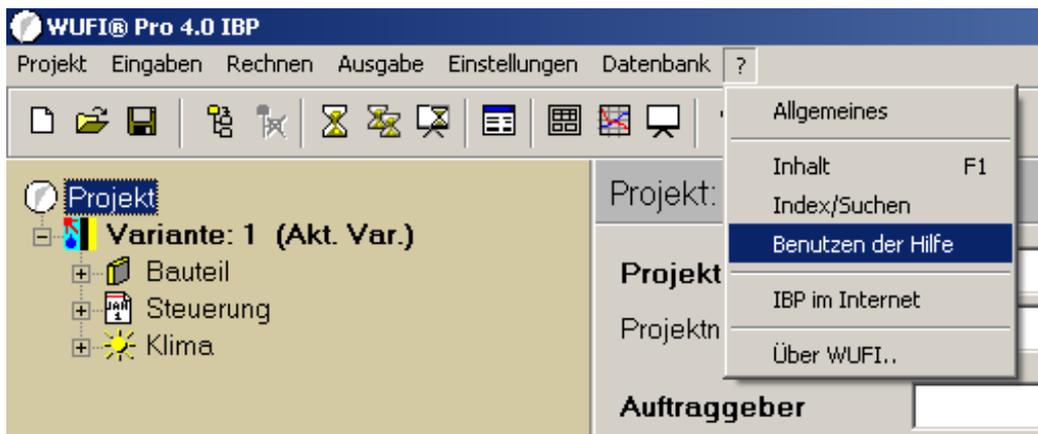


## Die Untermenüpunkte von "Optionen"

**Materialien:** Öffnet die Materialdatenbank. Hier können Sie die Kenndaten aller Materialien in der Datenbank anzeigen lassen. Sie können auch neue Materialien hinzufügen.

**Konstruktionen:** Öffnet die Konstruktionsdatenbank. Hier können Sie die in der Datenbank gespeicherten Konstruktionen anzeigen lassen oder eigene hinzufügen.

## Das Menü "?" (Alt+?)



Dieses Menü enthält die Online-Hilfe zu WUFI®.

## Die Untermenüpunkte von "?"

- Allgemeines:** Zeigt eine kurze Einführung zum Programm.
- Inhalt:** Zeigt das Inhaltsverzeichnis der Online-Hilfe. Von hier aus können Sie direkt die verschiedenen Hilfethemen anklicken.
- Index/Suchen:** Öffnet den Dialog Index/Suche der Online-Hilfe. Sie können hier nach einzelnen Worten oder Kapiteln suchen.
- Benutzen der Hilfe:** Hier erhalten Sie Tips zur Anwendung der Online-Hilfe.
- IBP im Internet:** Startet Ihren Internetbrowser und öffnet die Homepage des IBP.
- Über WUFI®...** Informiert über Copyright, Lizenz und Version von WUFI®.

## 2.3 Die Werkzeugleiste

Für den Schnellzugriff sind den Schaltflächen in der Werkzeugleiste folgende Befehle oder Dialoge zugeordnet.

-  Neues Projekt erstellen
-  Projektdatei öffnen

-  Projekt speichern
-  Neue Variante erstellen
-  Aktuelle Variante entfernen
-  Berechnung ohne Filmdarstellung starten
-  Berechnung aller enthaltenen Varianten ohne Filmdarstellung starten
-  Berechnung mit Filmdarstellung starten
-  Eingabedaten-Übersicht anzeigen
-  Zusammenfassung der letzten Rechenergebnisse anzeigen
-  Ergebnisgrafiken anzeigen
-  Film abspielen
-  Online-Hilfe anzeigen

### 3. Beispielfall - Schritt für Schritt

Diese Schnelleinführung zeigt anhand eines Beispiels Schritt für Schritt, wie Sie in WUFI® einen Fall eingeben und berechnen. Für detaillierte Informationen zu den einzelnen Menüs und Dialogen lesen Sie die entsprechenden Kapitel im Anschluss.

Um einen neuen Fall einzugeben und zu berechnen gehen Sie entsprechend den folgenden elf Schritten vor:

- 1) Sie können dem Fall einen Namen geben und Informationen zu Projekt, Variante und Auftraggeber eintragen.
- 2) Sie definieren den Aufbau ihres Bauteils, d. h. sie legen mehrere Schichten an und weisen diesen Materialdaten aus der Datenbank zu oder geben diese ggf. von Hand ein. Für die Berechnung legen sie ein numerisches Gitter fest.
- 3) Sie können zusätzlich zur Außen- und Innenoberfläche an weiteren Stellen innerhalb des Bauteils Monitorpositionen setzen.
- 4) Wählen sie für Ihr Bauteil Neigung, Orientierung und Höhe über Gelände.

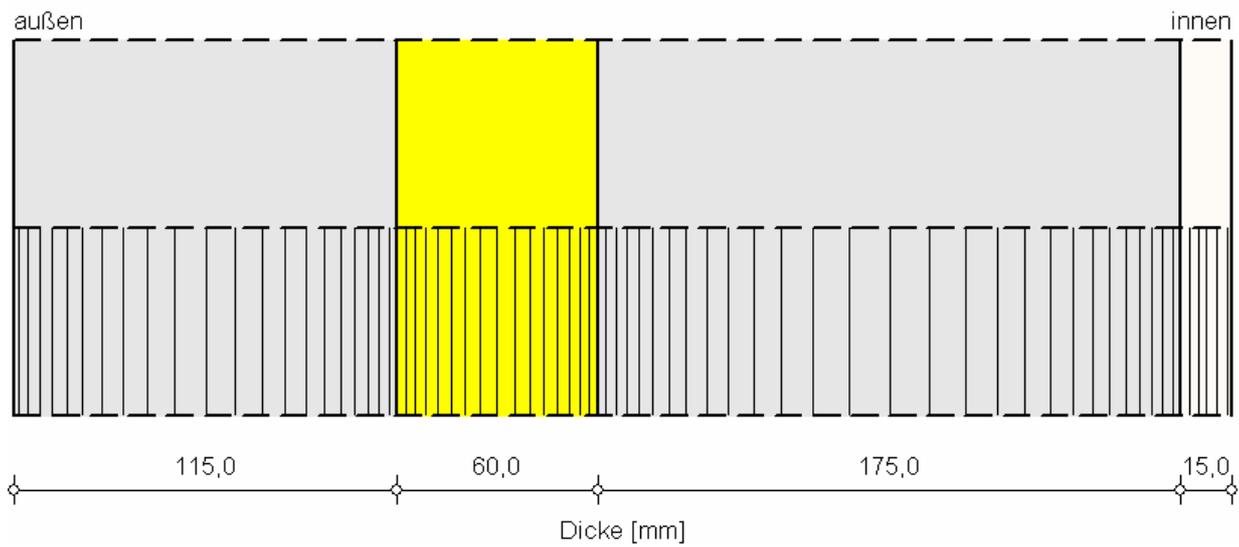
- 5) Sie können die Oberflächenübergangskoeffizienten für Wärme, Wasserdampf und Flüssigtransport eingeben oder aus den Pull-Down-Listen wählen.
- 6) Sie nehmen Eingaben zu den Anfangsbedingungen im Bauteil vor, d.h. sie geben die Temperatur und den Feuchtegehalt bei Beginn der Rechnung sowie ggf. deren Verteilung an.
- 7) Geben sie Startzeitpunkt, Berechnungszeitraum sowie den Rechenzeitschritt an.
- 8) Sie legen Innen- und Außenklima fest; hier haben sie die Wahl zwischen Außenklimadaten aus der Karte (mit WUFI® mitgeliefert), eigenen Klimadaten (innen oder außen), verschiedenen Modellen für das Innenklima, konstanten Verhältnisse (z.B. bei Klimatisierung) oder sinusförmigen Jahresverläufen.
- 9) Sie können sich den eingegebenen Aufbau, die Materialdaten und alle übrigen Eingabedaten z. T. grafisch noch einmal anzeigen lassen, um diese zu kontrollieren.
- 10) Durchführung der Berechnung.
- 11) Bewertung der Ergebnisse.

## Beispielfall

Folgender Beispielfall wird in der schrittweisen Anleitung betrachtet:

Außenwand eines Wohnhauses aus Kalksandstein mit Kerndämmung, nach Westen orientiert, Holzkirchener Klimadaten.

Variante: Kalksandsteinwand mit Kerndämmung



Schichtmaterialien von außen nach innen:

Kalksandstein:	11,5 cm
Mineralwolle:	6,0 cm
Kalksandstein	17,5 cm
Innengipsputz	1,5 cm

## Schritt 1: Informationen zu Projekt und Variante

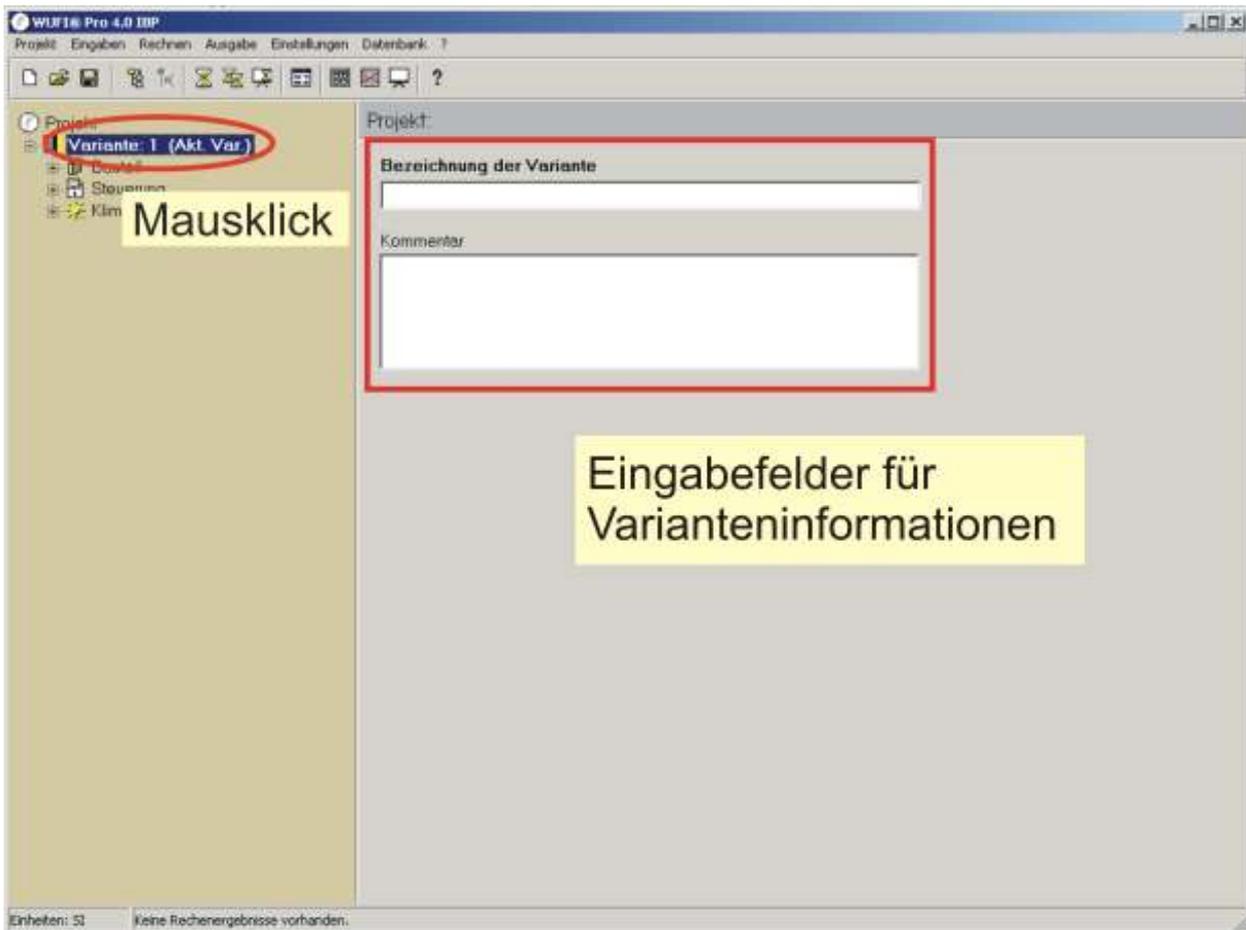
### Dialog "Projektinformationen"



Dieser Dialog dient als "Merkzettel" für die wichtigsten Informationen zum aktuellen Projekt. Diese stehen so immer zusammen mit den Projektdaten und Rechenergebnissen zur Verfügung. Das Ausfüllen der Felder ist optional und hat lediglich Informationscharakter.

Im Feld Datum können Sie in der Drop-Down-Liste ein anderes als das Datum der Erstellung (erste Speicherung) der Projektdatei wählen.

## Dialog "Variante"



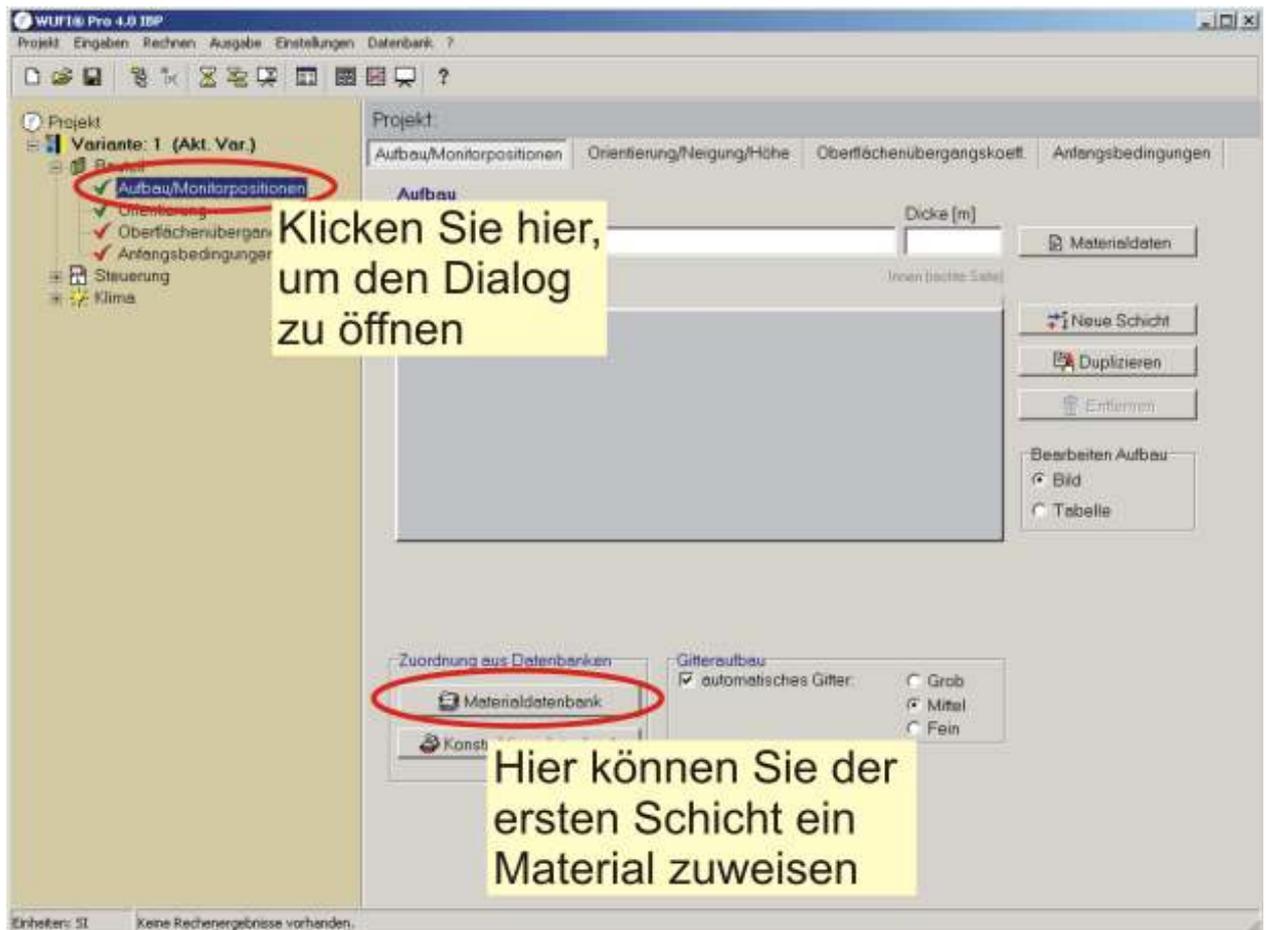
In diese Felder können Sie einen Namen sowie eine Kurzbeschreibung für die aktuelle Variante eingeben.

Dies ist insbesondere bei mehreren Varianten innerhalb einer Projektdatei interessant.

## Schritt 2: Der Bauteilaufbau

Hier geben Sie den Aufbau des Bauteils ein, d. h. Sie erstellen Schichten und ordnen diesen die gewünschten Materialien zu. Fast alle Eingaben werden sofort grafisch dargestellt; dies ermöglicht eine einfache Kontrolle der Eingaben.

## Dialog "Aufbau/Monitorpositionen"



Mit einem Mausklick auf "Bauteil" oder "Aufbau/Monitorpositionen" wird der oben abgebildete Bildschirm geöffnet. Der Aufbau besteht zunächst nur aus einer Schicht, der kein Material zugeordnet ist. Links befindet sich im Normalfall die Außen- rechts die Innenoberfläche des Bauteils (Prinzipiell können auf beiden Seiten sowohl Außen als auch Innenraumbedingungen angesetzt werden, allerdings kann nur auf der Linken Seite der Einfluss von Außenklimaelementen wie Wind, Regen und Strahlung berücksichtigt werden - auf der rechten Seite sind die Randbedingungen auf Temperatur und Luftfeuchte beschränkt).

Markieren Sie die erste Schicht, indem Sie mit der linken Maustaste darauf klicken. Die Schicht wird daraufhin leicht hervorgehoben dargestellt. Mit der Schaltfläche "Materialdatenbank" wird der gleichnamige Dialog geöffnet, mit Hilfe dessen Sie der Schicht nun ein Material zuweisen können.

## Dialog "Materialdatenbank"

1. Wählen Sie Quelle und Katalog

2. Wählen Sie ein Material aus der Datenbank

Die Grundkennwerte finden Sie in der Tabelle, die feuchtetechnischen Erweiterungen auf der rechten Seite

Aus der Liste kann eine typische Dicke gewählt werden

3. Mit "Verwenden" kopieren Sie die Daten in die aktuelle Variante

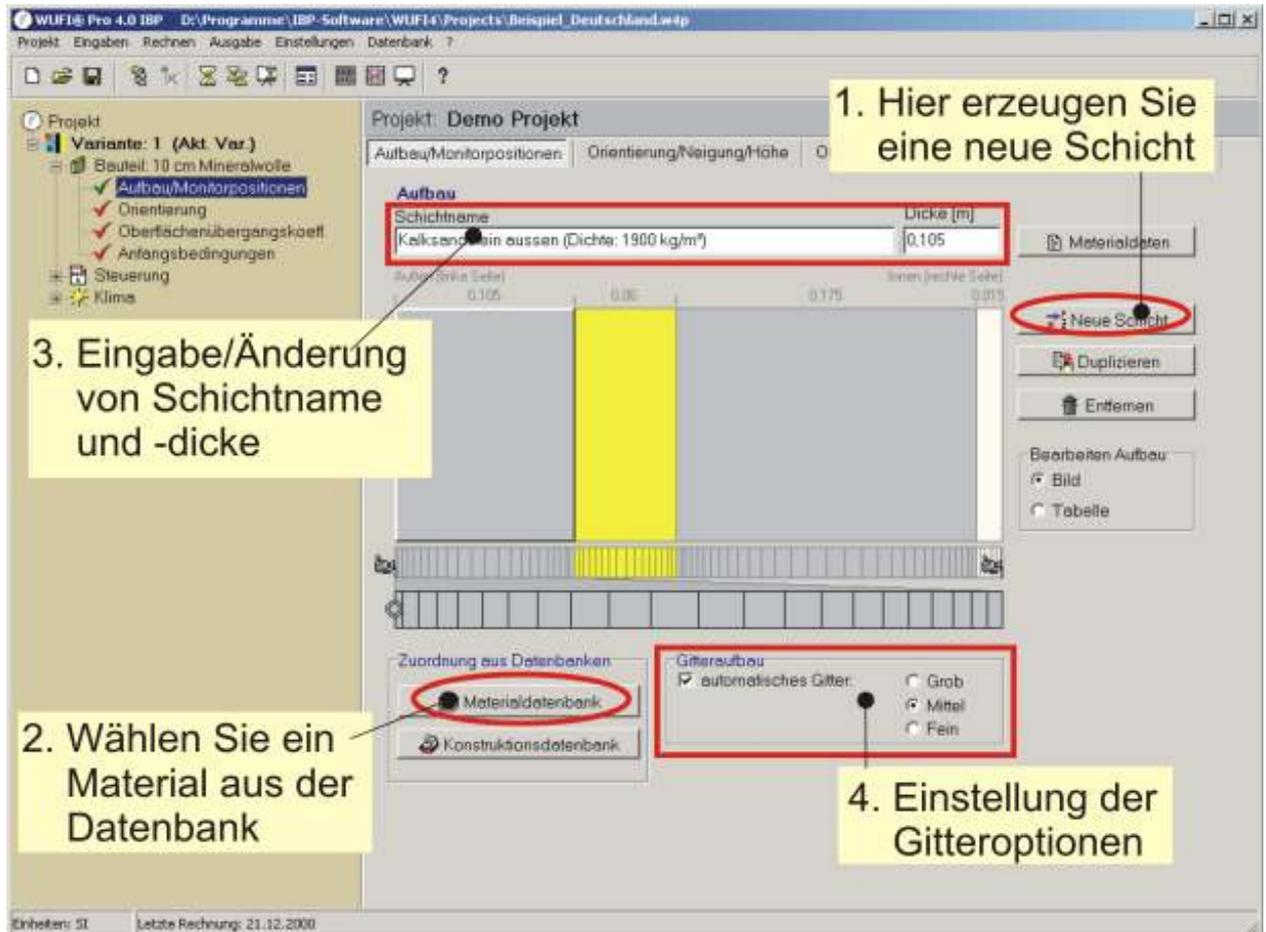
Bezeichnung	Dichte [kg/m³]	Pore. [m³/m³]	Wärmekap. [J/kg]	Wärmeleitf. [W/mK]
Bimsbeton	664	0.67	850	
Blahtonbetonstein	700	0.67	850	
Hoi	600	0.77	850	
Hoi	650	0.74	850	
Kell	1900	0.29	850	
Kell	800	0.6	850	
Por	400	0.81	850	
Pöfenschwamm (Dichte: 500 kg/m³)	400	0.81	850	
Porenbeton (Dichte: 500 kg/m³)	500	0.77	850	
Porenbeton (Dichte: 600 kg/m³)				
Porenbeton (Dichte: 600 kg/m³)				
Vollziegel, alt				
Vollziegel, extrudiert				
Vollziegel, handgestrichen				
Vollziegelmauerwerk				

In diesem Dialog können Sie Materialien für die aktuelle Schicht im Aufbau auswählen und zuordnen. Wählen Sie zunächst aus dem jeweiligen Drop-Down-Menü die gewünschte Quelle und den gewünschten Katalog - hier Quelle "Fraunhofer Institut" und Katalog "Mauersteine". Dann klicken Sie auf die Zeile mit dem gewünschten Material – hier "Bimsbeton". Die zugehörigen Grundkennwerte werden hinter dem Material in der Tabelle aufgelistet. Die feuchtetechnischen Erweiterungen werden auf der rechten Seite des Bildschirms dargestellt.

Im Feld "Dicke" wird bei manchen Materialien eine Auswahl typischer Einbaudicken dargestellt. Wenn Sie hier eine Dicke auswählen wird diese bei Übernahme des Materials in die Schicht verwendet, ansonsten kann die Dicke auch später von Hand eingegeben werden.

Das ausgewählte Material übertragen Sie mit der Schaltfläche "Verwenden" in den aktuellen Aufbau und wechseln gleichzeitig zurück in den Aufbaudialog.

## Dialog "Aufbau/Monitorpositionen"



Mit der Schaltfläche "Neue Schicht" können Sie zusätzliche Schichten einfügen. Diese werden an der rechten Seite in das Bauteil eingefügt. Anschließend ordnen Sie diesen Schichten über die Schaltfläche "Materialdatenbank", wie oben beschrieben, die gewünschten Materialien zu. Sie können die aus der Materialdatenbank übernommenen Namen ändern und die Dicken der Schicht festlegen.

Für die Berechnung ist bereits ein automatisches mittelfeines numerisches Gitter voreingestellt. In den meisten Fällen können Sie diese Einstellung beibehalten. Manchmal kann es jedoch erforderlich werden, ein feineres Gitter zu verwenden. Detaillierte Informationen dazu finden Sie in der Online-Hilfe.

**Tipp:** Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine Schicht, um im Kontextmenü einen Überblick der Materialparameter zu erhalten.

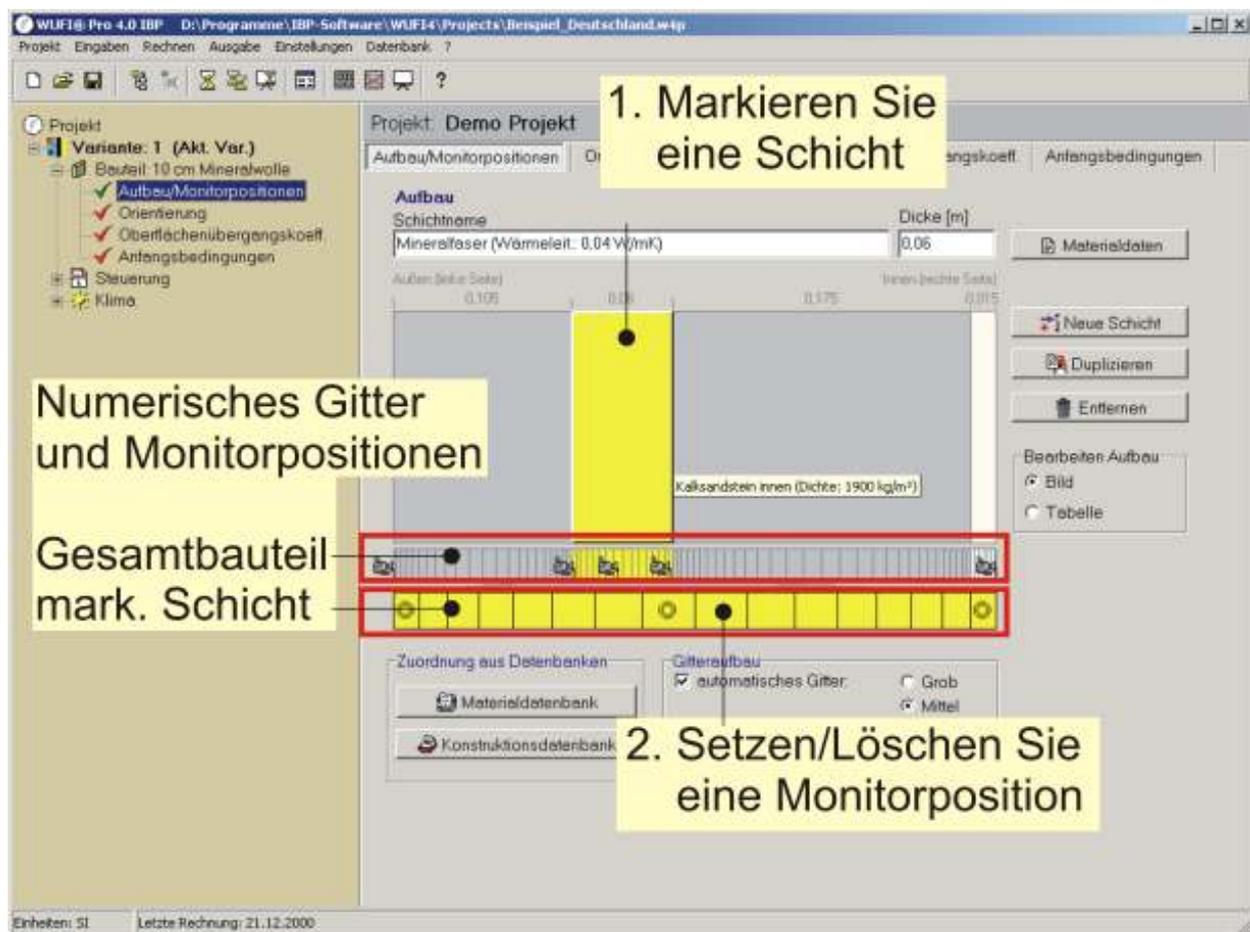
Mit gedrückter linker Maustaste können Sie eine Schicht an eine beliebige andere Position innerhalb des Aufbaus ziehen.

## Schritt 3: Monitorpositionen

Für jede Monitorposition wird nach der Berechnung der zeitliche Verlauf von relativer Feuchte und Temperatur ausgegeben, dies ermöglicht eine vereinfachte Beurteilung der hygrothermischen Verhältnisse an bestimmten ggf. kritischen Punkten der Konstruktion.

WUFI® setzt automatisch je eine Monitorposition an die Außen- und die Innenoberfläche des Bauteils. Sie können jedoch beliebig viele weitere Monitorpositionen innerhalb des Bauteils hinzufügen.

### Dialog "Aufbau/Monitorpositionen"



Markieren Sie die Bauteilschicht, in die Sie eine Monitorposition einfügen wollen. Das numerische Gitter der markierten Schicht wird in der unteren Gitterleiste vergrößert dargestellt. Sie können mit einem Mausklick auf ein Gitterelement dieser Leiste eine Monitorposition hinzufügen und in gleicher Weise wieder entfernen. Monitorpositionen können nur in der Mitte eines Gitterelements und nicht z.B. zwischen zwei Materialschichten gesetzt werden

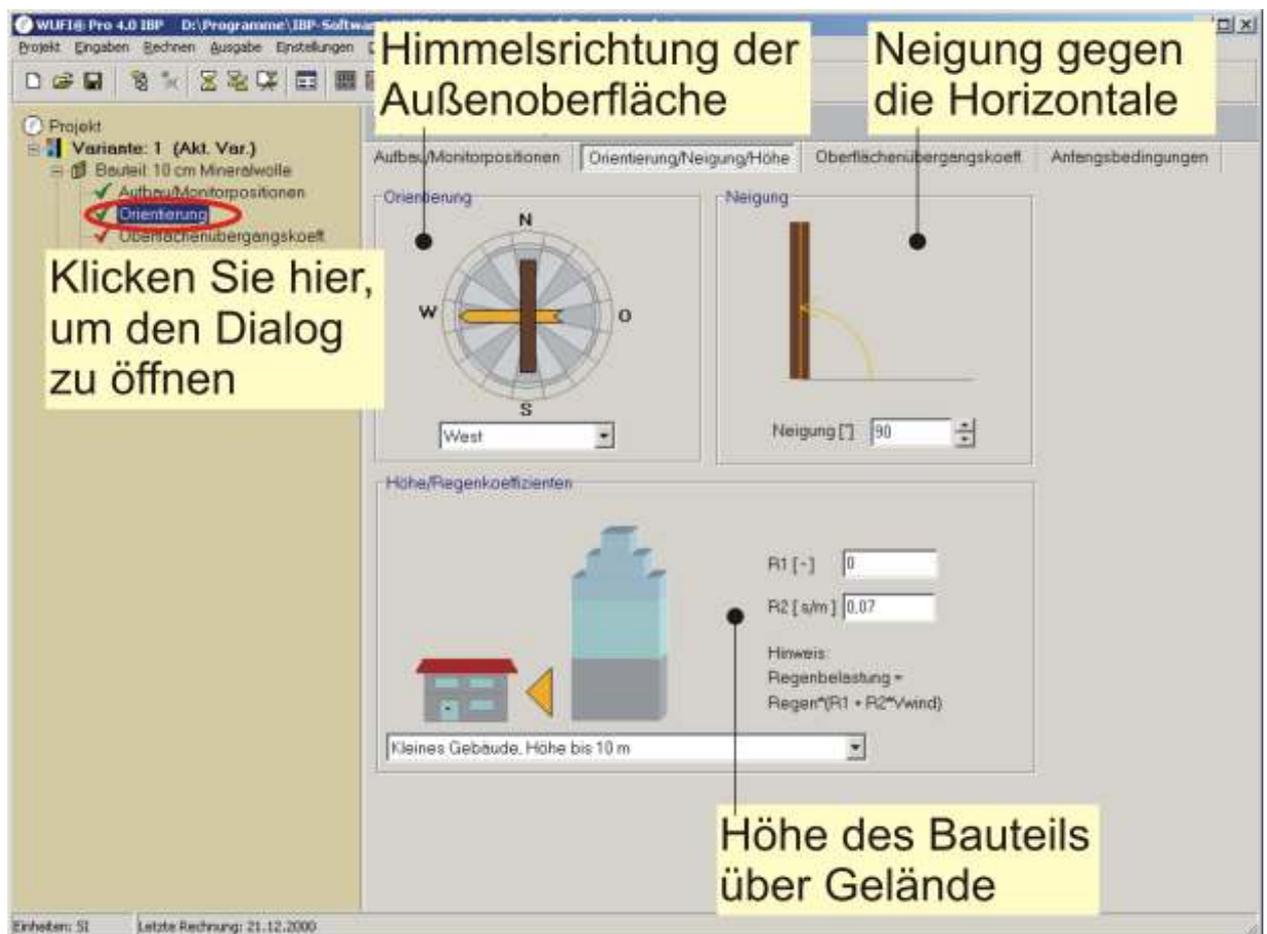
In dem hier dargestellten Fall erhält die Mineralwollschicht drei Monitorpositionen: zwei jeweils in den Randlelementen und eine etwa in der Mitte der Schicht.

## Schritt 4: Orientierung, Neigung, Höhe

Bei diesem Schritt müssen Sie Orientierung, Neigung und Höhe des zu untersuchenden Bauteils eingeben. Diese Informationen werden benötigt, um die Belastung eines Außenbauteils durch Niederschlag und Strahlung zu berechnen. Für Innenbauteile werden diese Eingaben nicht benötigt.

Orientierung bedeutet die Himmelsrichtung, in die die Außenoberfläche des Bauteils zeigt. Die Neigung ist der Winkel, in dem das Bauteil zur Horizontalen geneigt ist, d. h. eine senkrechte Wand hat einen Winkel von 90°, ein Flachdach von 0°. Als Höhe wird hier die Höhe über der Geländeoberkante bezeichnet in der das Bauteil betrachtet wird (z. B. die Außenwand im sechsten Stockwerk eines Hochhauses).

## Dialog "Orientierung"



Im aktuellen Fall wird daher gewählt: Orientierung: West, Neigung: 90°, Höhe: Kleines Gebäude Höhe bis 10 m.

## Schritt 5: Oberflächenübergangskoeffizienten

Geben Sie nun die Oberflächenübergangskoeffizienten ein, die die Intensität des Einflusses der Umgebungsbedingungen auf das Bauteil beschreiben.

An der Außenoberfläche (links) können Angaben zu Wärmeübergang, Beschichtungen, Strahlungsabsorption und –emission sowie zur Regenwasserabsorption gemacht werden. Bei der Innenoberfläche (rechts) sind nur die für einen Innenraum relevanten Angaben zu Wärmeübergangswiderstand und  $s_d$ -Wert von Anstrichen bzw. Beschichtungen vorzunehmen.

In den Drop-Down-Listen sind zahlreiche Mess- und Erfahrungswerte hinterlegt, auf die Sie so einfach zurückgreifen können.

## Dialog "Oberflächenübergangskoeff."

Klicken Sie hier, um den Dialog zu öffnen

Koeffizienten für die Außenoberfläche (links)

**Außenoberfläche (linke Seite)**

Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]	0,0588	Außenwand
<input type="checkbox"/> Windabhängig		
Sd-Wert [m]	—	Keine Beschichtung
Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl [-]	0,4	Kalkstein, hell
Langwellige Strahlungsemissionszahl [-]	0,9	
Regenwasserabsorptionszahl [-]	0,7	Gemäß Bauteiltyp/Neigung

**Innenoberfläche (rechte Seite)**

Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]	0,125	(Außenwand)
Sd-Wert [m]	0	

Koeffizienten für die Innenoberfläche (rechts)

Einheiten: SI    Letzte Rechnung: 21.12.2000

Im unserem Beispiel werden für die Wärmeübergangswiderstände die Werte einer normalen Außenwand verwendet. Für die Strahlungsabsorption wird ein heller Kalkstein gewählt. Die Regenwasserabsorptionszahl wird entsprechend einer senkrechten Wand mit 70 % angesetzt. Es gibt keine zusätzlichen Beschichtungen oder Anstriche.

## Schritt 6: Anfangsbedingungen

Im letzten Dialog der Bauteileingabe müssen Sie die Bedingungen (Temperatur- und Feuchtefelder) zu Beginn der Berechnung angeben.

Da sich die thermischen Verhältnisse in Bauteilen meist sehr schnell einstellen, ist für die große Mehrzahl der Fälle eine genauer definierte Anfangstemperatur nicht erforderlich. Meist kann schon nach wenigen Stunden kein Unterschied infolge verschiedener Anfangstemperaturen mehr festgestellt werden. Somit ist die Voreinstellung von 20 °C über das gesamte Bauteil ausreichend genau. Lediglich bei der Berechnung von sehr kurzfristigen Prozessen (z.B. im Labor) kann es erforderlich sein, hier genauere Angaben zu machen.

Bei der Anfangsfeuchte ist eine grobe Einteilung in drei Hauptkategorien möglich:

1. Leichtkonstruktionen deren Materialien zu Beginn lediglich den Gleichgewichtsfeuchtegehalt infolge einer Lagerung im Freien aufweisen.

Hier kann als Anfangsbedingung vereinfachend ein Wassergehalt entsprechend der Ausgleichsfeuchte bei 80 % relativer Luftfeuchte angesetzt werden. In Deutschland entspricht dies dem Jahresmittelwert der relativen Luftfeuchte der Außenluft. Die Materialien weisen also den Feuchtegehalt auf, der sich bei einer langfristigen Lagerung im Freien ohne direkten Kontakt mit Niederschlagswasser einstellen würde.

2. Konstruktionen die Baufeuchte enthalten. Hierzu zählen alle Konstruktionen mit Putzen, Betonen oder Estrichen, Mauerwerk mit Mörtelfugen, Baustoffe mit Produktionsfeuchte (z.B. Porenbeton, Kalksandstein etc.) aber auch alle Bauteile die während der Erstellung z.B. infolge von Niederschlagswasser feucht geworden sind.

Hier sollte nach Möglichkeit ein realistischer Wert für die nach der Erstellung enthaltene Wassermenge angegeben werden. Bei allen mit flüssigem Wasser zu erstellenden Baustoffen liegt der Anfangswassergehalt im Bereich der freien Sättigung, für Mauerwerke finden Sie u.U. typische Werte

in der Fachliteratur. Bei einigen Baustoffen sind typische Einbaufeuchten auch in der Datenbank hinterlegt.

- Bestehende Bauteile, die sich im dynamischen Gleichgewichtszustand befinden.

Soll beispielsweise eine Sanierungsmaßnahme beurteilt werden, ist es sinnvoll zunächst die Verhältnisse in der bestehenden Konstruktion zu ermitteln. Nach mehreren Jahren Standzeit ist davon auszugehen, dass sich die Konstruktion im dynamischen Gleichgewicht befindet, d.h. dass sich von einem Jahr zum nächsten der jährliche Verlauf nicht mehr unterscheidet. Diesen Gleichgewichtszustand können Sie berechnen, die entsprechende Feuchteverteilung in der Konstruktion in eine Datei exportieren und diese dann als Anfangsbedingung im ursprünglichen Teil der neuen Konstruktion ansetzen.

## Dialog "Anfangsbedingungen"

Klicken Sie hier, um den Dialog zu öffnen

**Anfangsfeuchte**

**Anfangstemperatur**

Projekt: Demo Projekt

Über das Bauteil gemittelt  
 In den einzelnen Schichten  
 Aus Datei einlesen

Typische Baufeuchte zuordnen

Über das Bauteil gemittelt  
 Aus Datei einlesen

Datei: I:\Source\WuFi30\German\Projects\ger...

Anfangswassergehalt in einzelnen Schichten:

Nr.	Material-Schicht	Dicke [m]	Wassergehalt [kg/m³]
1	Kalksandstein (Dichte: 1900 kg/m³)	0.15	100.0
2	Mineralfaser (Wärmeleit.: 0.04 W/mK)	0.06	0.0
3	Kalksandstein (Dichte: 1900 kg/m³)	0.15	100.0
4	Innenputz (Gips)	0.015	400.0

Aus der Anfangsfeuchte resultierende Wassergehalte in den einzelnen Schichten

Einheiten: SI    Letzte Rechnung: 21.12.2000

In der hier betrachteten zweischaligen Kalksandsteinwand wird ein Anfangswassergehalt von 100 kg/m<sup>3</sup> im Kalksandstein (typische Baufeuchte aus Datenbank),

von 0 kg/m<sup>3</sup> in der Mineralwolle (keine Feuchtspeicherung) sowie von 400 kg/m<sup>3</sup> (freie Sättigung) im Gipsputz gewählt.

## Schritt 7: Berechnungsintervall

Als Berechnungsintervall sollte für eine normale Bauteilbeurteilung ein Zeitraum von mindestens zwei Jahren gewählt werden. Nur so kann festgestellt werden, ob sich eine Konstruktion im dynamischen Gleichgewichtszustand befindet, d.h. von einem zum nächsten Jahr keine Änderung des Feuchtegehalts mehr aufweist.

Für die Berechnung von Schadensfällen und Laborversuchen können kürzere, für die Beurteilung von Feuchtakkumulationen oder Austrocknungsprozessen auch deutlich längere Intervalle erforderlich sein.

## Dialog "Zeit/Profile"

Klicken Sie hier, um den Dialog zu öffnen

Rechnung	Profil	Datum
Anfang	Profil 1	01.10.2005
Ende	Profil 2	01.10.2008

Geben Sie Datum und Uhrzeit von Berechnungsanfang und -ende ein

Rechenzeitschritt: 1

Geben Sie einen Rechenzeitschritt ein.

Geben Sie Anfangs- und Enddatum des Berechnungszeitraums ein.

In das Feld Rechenzeitschritt können Sie ein anderes Berechnungsintervall als eine Stunde eingeben. Sinnvollerweise sollte das Intervall mit den Messwerten der Klimadatei übereinstimmen.

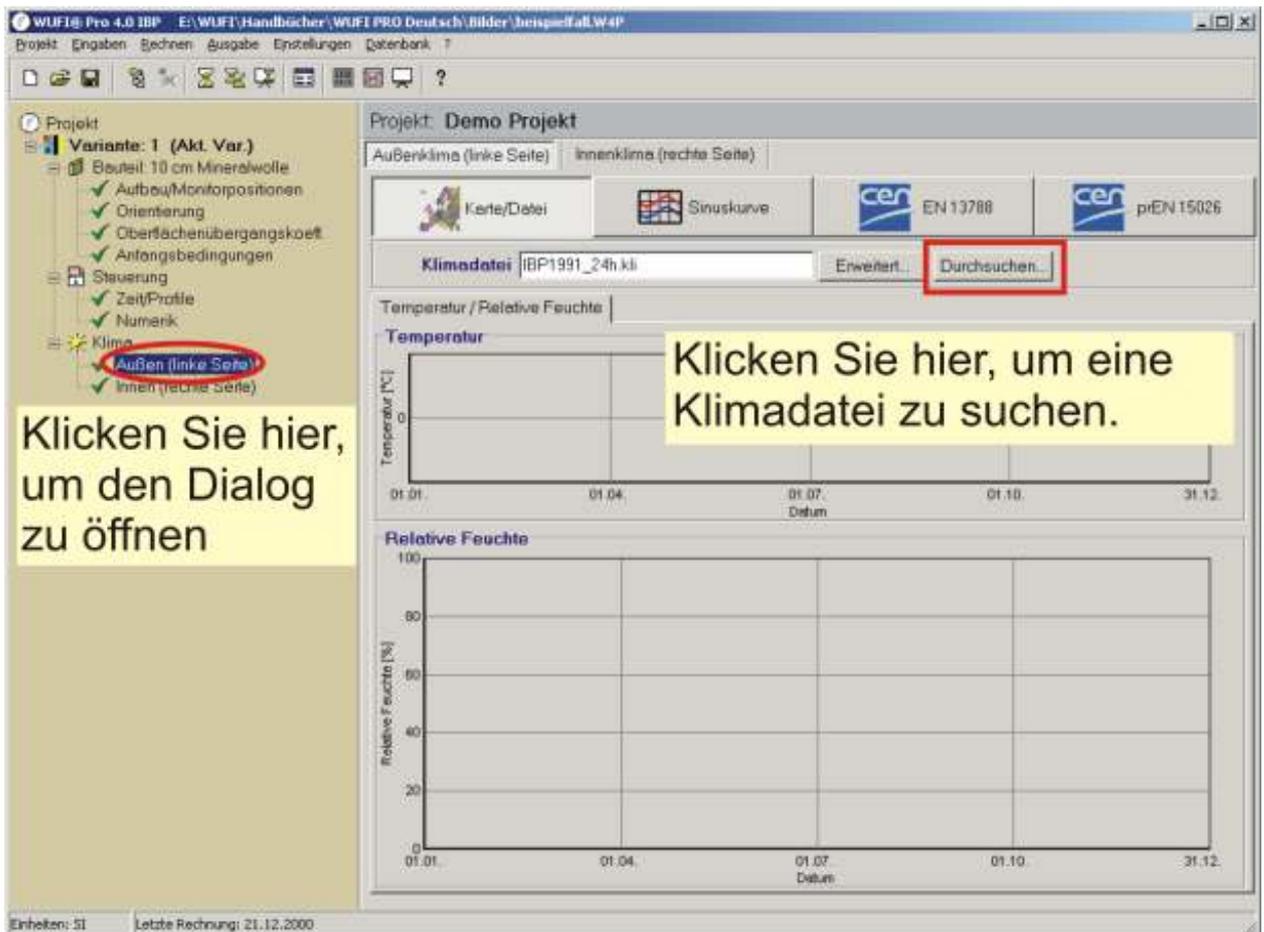
Wenn Sie einen größeren Zeitschritt als in der Klimadatei angeben, wird dieser bei der Berechnung ignoriert und der Wert der Klimadatei verwendet. Wenn Sie einen kleineren Zeitschritt angeben, sollte ein vielfaches dieses Wertes dem Zeitschritt in der Klimadatei entsprechen – der entsprechende Eintrag wird dann einfach mehrmals verwendet. Weitere Informationen hierzu finden Sie in der Online-Hilfe.

## Schritt 8: Randbedingungen

Geben Sie hier die Randbedingungen ein, die auf das zu berechnende Bauteil einwirken. Auf der linken Seite können Strahlung, Regen und Wind berücksichtigt werden, hier ist also das Außenklima anzusetzen. Auf der rechten Seite wird normalerweise das Innenklima verwendet. Bei speziellen Untersuchungen können auch auf beiden Seiten Außenbedingungen mit der o.g. Einschränkung oder Innenbedingungen angesetzt werden.

Weiterhin ist es möglich, eigene Klimadaten für Außen-, Innen- oder Laborklima zu verwenden bzw. konstante oder sinusförmige Jahresverläufe festzulegen.

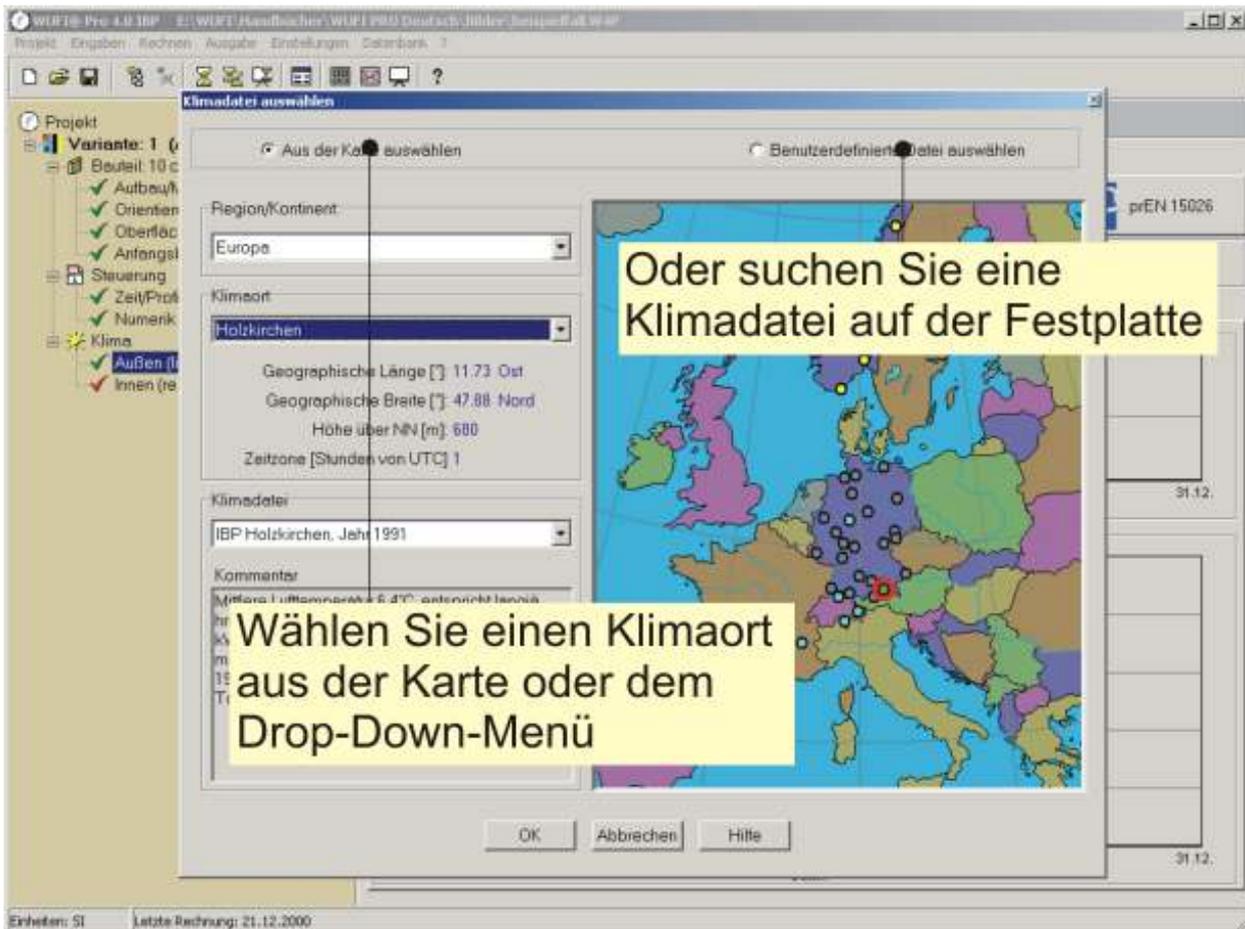
## Dialog "Außenklima (linke Seite)"



Wenn Sie auf der linken Seite Außenklima oder Bedingungen aus einer Klimadatei ansetzen wollen, müssen Sie zunächst einen Ort oder eine Datei auswählen. Klicken Sie dazu unter „Karte/Datei“ auf die Schaltfläche „Durchsuchen“ (die weiteren Menüs „Sinuskurve“, „EN 13788“ und „PrEN 15026“ werden unter „Innenklima“ erläutert).

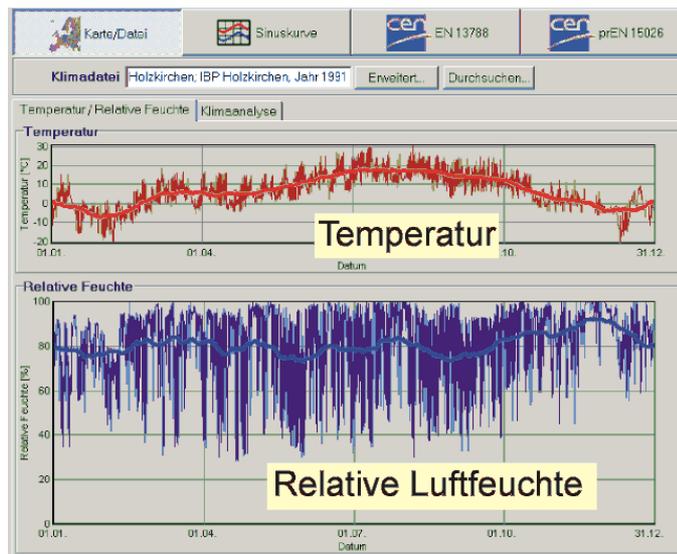
Daraufhin öffnet sich der Bildschirm „Klimadatei auswählen“. Hier können Sie entweder einen Ort aus den Karten auswählen oder die Klimadatei angeben, die verwendet werden soll. Bei Region/Kontinent können Sie zwischen Karten verschiedener Regionen wechseln. Den eigentlichen Klimaort wählen Sie anschließend entweder aus der Liste oder direkt aus der Karte. Die farblich markierten Orte repräsentieren vorhandene Klimadaten, die grau markierten stehen für die Orte, deren geographische Daten bereits im Programm hinterlegt sind und die nur noch in den Klimaordner kopiert werden müssen. Dabei handelt es sich um Daten, die nicht mit WUFI® mitgeliefert werden, sondern käuflich erworben werden müssen wie z.B. die Testreferenzjahre des deutschen Wetterdienstes. Im Fall der Verwendung von eigenen Klimadateien müssen Sie dem Programm geographische Lage, Höhe über Meeresspiegel und Zeitzone der Wetterstation in einer

AGD-Datei angeben; eine detaillierte Anleitung hierzu finden Sie in der Online-Hilfe.

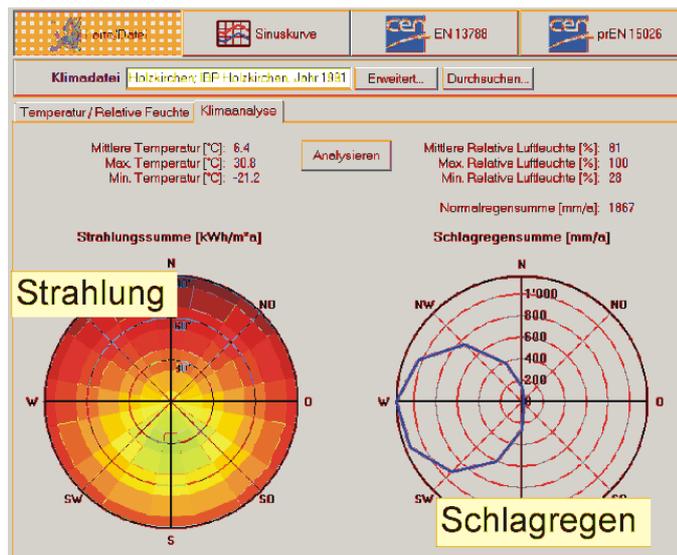


Wenn Sie mit gedrückter linker Maustaste in der Karte ein Fenster nach rechts unten aufziehen, wird dieser Ausschnitt entsprechend vergrößert; ein Ziehen nach links oben setzt die Karte wieder auf die Gesamtdarstellung zurück.

Mit „OK“ bestätigen Sie die aktuelle Auswahl von Ort oder Klimadatei (im unserem Beispielfall der Ort Holzkirchen) und kehren zum Außenklima-Dialog zurück. WUFI® nimmt dabei sofort eine Auswertung der aktuellen Klimadatei bezüglich Temperatur und Relativer Feuchte vor. Dazu werden die stündlichen Werte (dünne Kurven) und Tagesmittelwerte (dicke Kurven) von Temperatur (oben, rot) und relativer Feuchte (unten, blau) für den Zeitraum der Klimadatei dargestellt.



Weiterhin enthält das Klimamodul eine Analysemöglichkeit für Mittel- und Extremwerte von Temperatur und relativer Feuchte sowie Verteilung von Solarstrahlung und Schlagregen. Diese finden Sie auf der Registerkarte „Klimaanalyse“. Da die Berechnung etwas aufwändiger ist, erfolgt sie erst nach Mausklick auf die Schaltfläche „Analysieren“. Nach kurzer Berechnung erhalten Sie auf der linken Seite oben Werte für die Temperatur und unten in der Strahlungsrose eine Auswertung der Strahlungsintensität als Jahressumme in Abhängigkeit von Orientierung und Neigung eines Bauteils. Niedrige Strahlungswerte werden durch braunrote, hohe Werte durch eine blaugrünliche Farbgebung dargestellt. Die Skalierung ist hierbei unabhängig vom Standort konstant, somit können Sie bereits durch den ersten Farbeindruck erkennen, ob es sich um einen Standort mit hoher oder eher niedriger Strahlungsintensität handelt.



Auf der rechten Seite sind oben die statistischen Werte für die relative Luftfeuchte und unten in Abhängigkeit von der Orientierung die Verteilung der jährlichen Schlagregensumme dargestellt. Die Skalierung des Schlagregens wird flexibel

an die maximale Schlagregenmenge des Standorts angepasst. Die Mengenangabe erfolgt analog zum Normalregen in mm/Jahr.

## Dialog "Innenklima (rechte Seite)"

Für die Innenraumverhältnisse stehen drei verschiedene Modelle zur Verfügung.

### Sinuskurve

Unter „Sinuskurve“ finden Sie entsprechend dem WTA-Merkblatt 6-2-01/D „Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse“ einen über das Jahr sinusförmigen Verlauf von Temperatur und relativer Feuchte zwischen Maximalwerten im Sommer und Minimalwerten im Winter. Aus der Drop-Down-Liste können Sie dabei voreingestellte Kurven für Außenklima oder Innenklima mit niedriger, normaler oder hoher Feuchtelast auswählen.

**Klicken Sie hier, um den Dialog zu öffnen**

**Wählen Sie aus den vorgegebenen Jahresverläufen oder "Benutzerdefiniert" für eigene Eingaben**

Unter „Benutzerdefiniert“ haben Sie auch die Möglichkeit, die Parameter der Kurven über Mittelwerte und Amplituden selbst zu definieren oder konstante Verhältnisse z.B. bei Klimatisierung einzustellen („konstant“ auswählen). Für die

meisten „Standardbetrachtungen“ sind die Standardeinstellungen für Wohnräume (normale Feuchtelast, Temperatur 21 °C mit Amplitude 1 °C) sinnvoll und ausreichend. Diese Einstellung wird auch für die Berechnung des Musterfalles verwendet.

### EN 13788

Die Euronorm EN 13788 berechnet für vier Feuchtklassen die Innenraumluftfeuchte aus der Außenluftfeuchte und einer außentemperaturabhängigen Feuchtelast. Die Innenraumlufttemperatur kann hier frei gewählt werden, ist aber für das ganze Jahr konstant. Die Norm selbst schlägt einen Wert von 20 °C vor.

Die Feuchtelasten sind bei Außenlufttemperaturen unter 0 °C konstant. Die Werte für die vier Feuchtklassen nehmen dabei in 2-Gramm-Schritten von 2 g/m<sup>3</sup> für Feuchtklasse 1 bis auf 4 g/m<sup>3</sup> bei Feuchtklasse 4 zu. Bei Außenlufttemperaturen über 20 °C wird ein so hoher Luftwechsel zwischen innen und außen angenommen, dass keine zusätzliche Feuchtelast mehr vorhanden ist. Zwischen 0 °C und 20 °C reduzieren sich die jeweiligen Feuchtelasten linear auf Null.

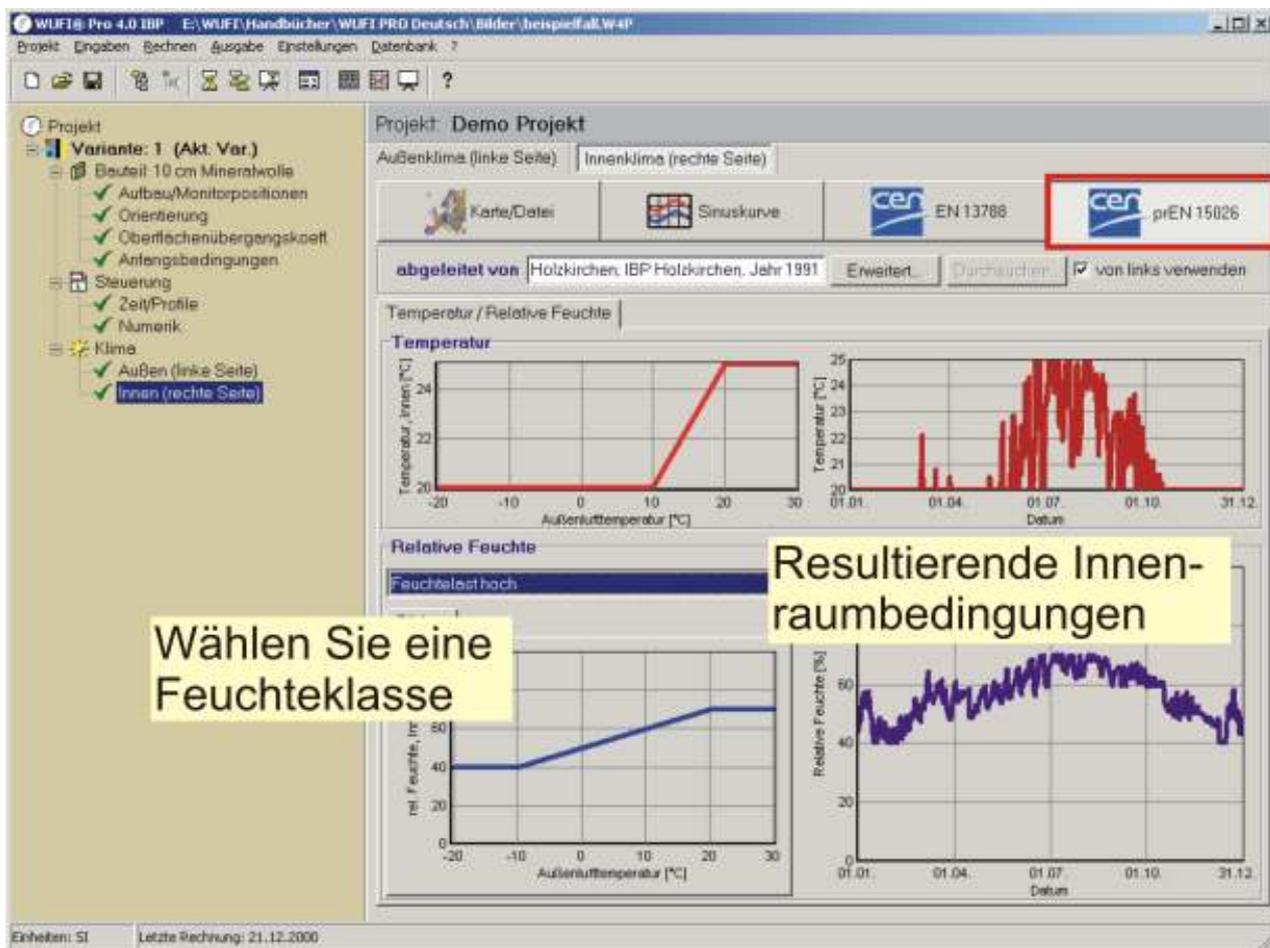
The screenshot shows the WUFI Pro 4.0 software interface. The main window is titled 'Projekt: Demo Projekt'. The 'Innenklima (rechte Seite)' tab is active. A red box highlights the 'EN 13788' standard selection. A yellow box highlights the 'Temperatur, Innen [°C]' input field set to 20. Another yellow box highlights the 'Feuchtklasse 1' dropdown menu. A third yellow box highlights the 'Feuchtelast' graph. The 'Relative Feuchte' graph shows a seasonal cycle peaking at approximately 75% in summer.

Normalerweise sollte die Feuchtelast in Wohnräumen in einem Bereich unterhalb von 4 g/m<sup>3</sup> liegen – dies entspricht Feuchtklasse 1 oder 2. Die Werte in Feuch-

teklasse 3 und 4 sind mit 6 und 8 g/m<sup>3</sup> sehr hoch und sollten für Untersuchungen nur verwendet werden, wenn die Feuchteproduktion bekanntermaßen in einem extrem hohen Bereich liegt – für normale Wohnraumbedingungen sind diese beiden Klassen wenig geeignet.

### prEN 15026

Die Euro-Vornorm 15026 errechnet ebenfalls die Innenraumbedingungen aus den Außenluftverhältnissen. Als Basis wird hier allerdings nicht die Außenluftfeuchte sondern die Temperatur herangezogen. Es wird vorausgesetzt, dass Raumlufttemperatur und -feuchte bestimmte Werte weder unter- noch überschreiten sollen, sich zwischen diesen Bedingungen jedoch frei einstellen können.



Konkret beträgt die Innenraumtemperatur 20 °C, wenn die Außenlufttemperatur unter 10 °C liegt. Bei Außentemperaturen zwischen 10 °C und 20 °C pendelt die Innentemperatur zwischen 20 °C und 25 °C. Bei Außen temperaturen über 20 °C beträgt die Innentemperatur dann konstant 25 °C.

Die Innenraumluftfeuchte wird für zwei Feuchtelasten (normal und hoch) berechnet. Bei normaler Feuchtelast bewegt sich die Innenraumfeuchte zwischen 30 % r.F. bei Außenlufttemperaturen unter  $-10\text{ °C}$  und 60 % r.F. bei Außenlufttemperaturen über  $20\text{ °C}$ . Diese Bandbreite liegt bei hoher Feuchtelast jeweils um 10 % höher also zwischen 40 % r.F. im Winter und 70 % r.F. im Sommer.

## Schritt 9: Überprüfung der Eingabedaten

Vor der Berechnung sollten Sie noch einmal alle Eingabedaten überprüfen.

Der Befehl "Ausgabe/Eingabedaten Übersicht" bzw. die entsprechende Schaltfläche  ermöglicht eine druckfertige Ausgabe dieser Daten. Dabei werden zusätzlich zu den Zahlenwerten der Aufbau und z. T. die Materialeigenschaften grafisch dargestellt, um ein Auffinden von fehlerhaften Angaben zu erleichtern.

Wenn alle Eingabedaten korrekt sind, sollten sie diese mit dem Befehl "Projekt/Speichern" oder der Schaltfläche  speichern.

## Schritt 10: Berechnung

Sie können nun die Berechnung mit oder ohne Filmdarstellung starten. Dies erfolgt entweder über die Befehle "Rechnen/Rechnung starten" bzw. "Rechnung/Rechnung mit Filmdarstellung starten" oder über die entsprechenden Schaltflächen  bzw. .

Bei der Berechnung mit Filmdarstellung erfolgt eine gleichzeitige Darstellung des zeitlichen Verlaufs der thermischen und hygrischen Prozesse ("Film"). Bei der Berechnung ohne Film wird lediglich der Berechnungsfortschritt grafisch angezeigt. Nach Abschluss der Berechnung erhalten Sie einen kurzen Überblick über den Verlauf der Rechnung sowie evtl. aufgetretene Konvergenz- oder Regenaufnahmefehler – die Erläuterung der einzelnen Elemente finden Sie in der Online Hilfe. Sie sollten einen kurzen Blick auf die Zahl der Konvergenzfehler und die Bilanzen werfen. Wenn – wie in den meisten Fällen – keine Konvergenzfehler auftreten, ist die Berechnung einwandfrei verlaufen. Bei Auftreten von Konvergenzfehlern, kann die Qualität des Ergebnisses anhand der Bilanzen abgeschätzt werden. Bilanz 1 stellt die Änderung des Gesamtwassergehalts während der Berechnung dar, Bilanz 2 die Summe der Ströme durch die Oberfläche. Beide sollten idealerweise identisch sein oder nur unwesentlich voneinander abwei-

chen. Bei geringen Abweichungen nach Konvergenzfehlern kann davon ausgegangen werden, dass lediglich das Konvergenzkriterium nicht ganz erreicht wurde; großen Abweichungen lassen dagegen auf divergierende Ergebnisse schließen. Mögliche Vorgehensweisen in diesem Fall finden Sie ebenfalls in der Online-Hilfe.

Im Anschluss an die Berechnung sollten Sie das Projekt noch einmal speichern, um die Berechnungsergebnisse zusammen mit den Projektdaten zu sichern.

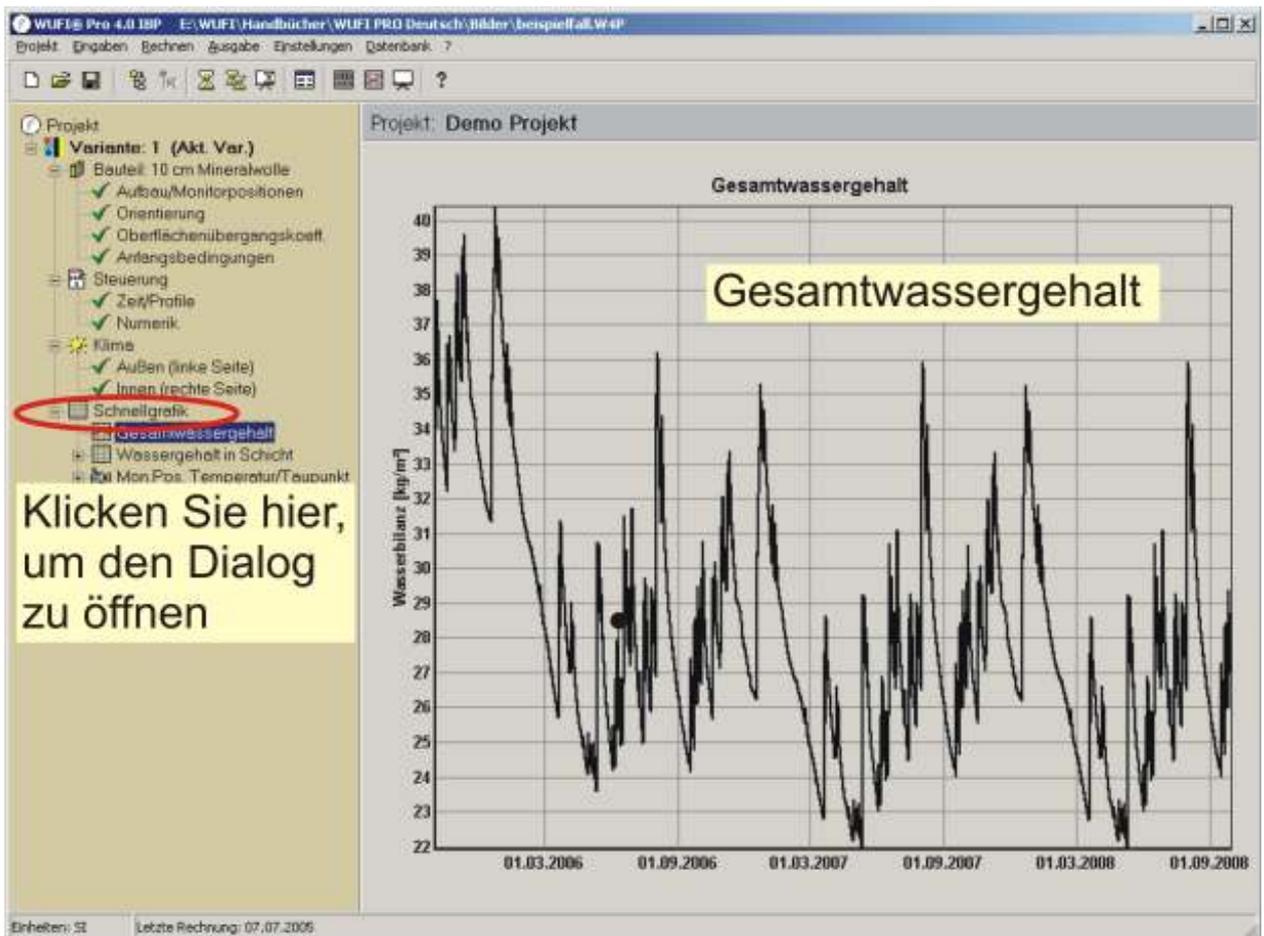
## Schritt 11: Bewertung der Ergebnisse

In WUFI® haben Sie zwei Möglichkeiten, die Berechnungsergebnisse darzustellen. Die Schnellgrafiken erlauben eine sehr zügige Darstellung bei weniger Einstellungsmöglichkeiten und sind zur ersten Beurteilung sowie zum Vergleich verschiedener Varianten vorgesehen. Die Ergebnisgrafiken bieten zahlreiche Einstellungsmöglichkeiten und eine grafisch höherwertige Ausgabe bei allerdings deutlich geringerer Darstellungsgeschwindigkeit; eine Beschreibung finden Sie in der Onlinehilfe.

Hier wird im Folgenden kurz die Ergebnisdarstellung mit den Schnellgrafiken beschrieben. Bei der Beurteilung der Ergebnisse sollten Sie normalerweise in der folgenden Reihenfolge vorgehen:

1. Gesamtwassergehalt
2. Wassergehalt in den einzelnen Materialschichten
3. Temperatur und relative Feuchte an einzelnen Positionen innerhalb der Konstruktion

## Dialog "Schnellgrafik" - Gesamtwassergehalt



Die erste Bewertung des Ergebnisses sollte immer anhand des Gesamtwassergehalts erfolgen. Dieser zeigt an, ob im Bauteil während des betrachteten Zeitraums eine Feuchtezu- oder abnahme stattfindet; anders gesagt, ob – ähnlich wie beim Glaserverfahren – die „Taufwassermenge“ größer oder kleiner als die „Verdunstungswassermenge“ ist.

### Steigender Gesamtwassergehalt

Wenn über den gesamten berechneten Zeitraum von Jahr zu Jahr eine Feuchtezunahme stattfindet, ist dies zunächst ein K.O.-Kriterium für die Konstruktion. Durch Erhöhung des Anfangsfeuchtegehalts oder der Berechnungsdauer sollte versucht werden, den eingeschwungenen Zustand des Bauteils zu ermitteln. Falls dies nicht gelingt, ist davon auszugehen, dass die Konstruktion für die untersuchte Anwendung aufgrund einer permanenten Feuchteakkumulation ungeeignet ist.

### Sinkender Gesamtwassergehalt

Wenn der Wassergehalt ausgehend von den angesetzten Anfangsbedingungen sinkt, bedeutet dies ein Austrocknen der Konstruktion. Fall die Anfangsbedin-

gungen niedrig waren (z.B. über das Bauteil gemittelt 60 % r.F.) können Sie mit der Auswertung der einzelnen Schichten fortfahren. Günstiger wäre es jedoch, zunächst über eine Verlängerung der Rechenzeit den eingeschwungenen Zustand des Bauteils (Punkt 3) zu erreichen.

### Gleichbleibender Gesamtwassergehalt

Bleibt der Wassergehalt abgesehen von jahreszeitlich bedingten Schwankungen von einem Jahr auf das nächste konstant, befindet sich die Konstruktion im eingeschwungenen Zustand. In diesem Fall können Sie mit der Betrachtung der Wassergehalte in den einzelnen Materialschichten fortfahren.

Das Niveau des Gesamtwassergehalts ist nicht von Bedeutung, da dieses abhängig ist von der Konstruktionsdicke und den verwendeten Materialien. Genau so ist auch ein Vergleich verschiedener Konstruktionen mit unterschiedlichen Materialien nur anhand des Verlaufs des Gesamtwassergehalts nicht aber eines höheren oder niedrigeren Niveaus möglich.

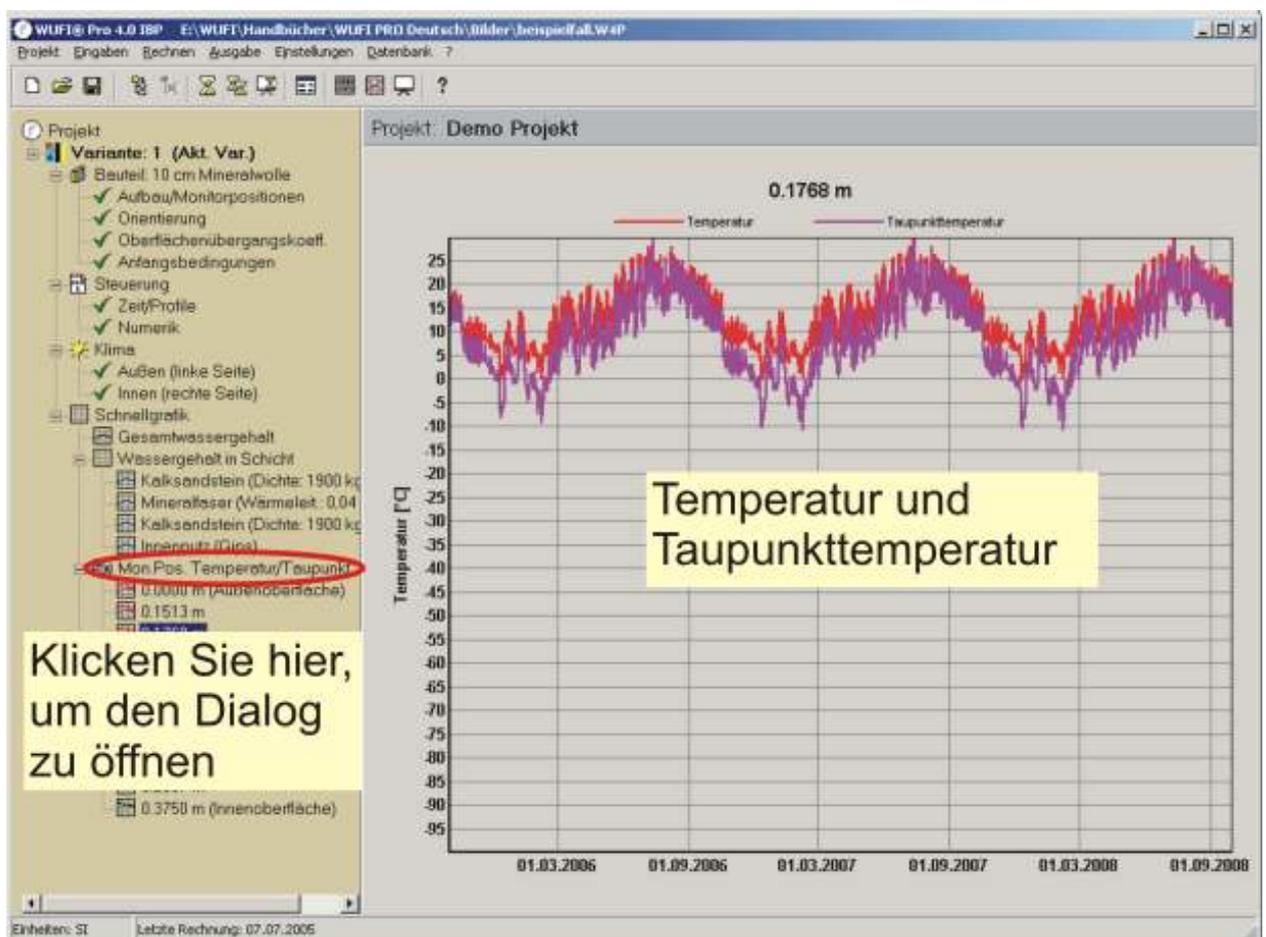
## Dialog "Schnellgrafik" – Wassergehalt in Schicht



Im zweiten Schritt der Ergebnisbewertung (wenn der Verlauf des Gesamtwassergehalts zufrieden stellend ist) wird der Wassergehalt in den einzelnen Materialschichten überprüft. Hierbei gilt wie für die gesamte Konstruktion, dass auch in den einzelnen Schichten keine permanente Feuchtezunahme stattfinden darf. Letzteres wäre bei gleich bleibendem oder abnehmendem Gesamtwassergehalt durch Umverteilen der Feuchte innerhalb der Konstruktion denkbar. Auch am Wassergehalt in den einzelnen Schichten sollte der eingeschwungene Zustand erkennbar sein.

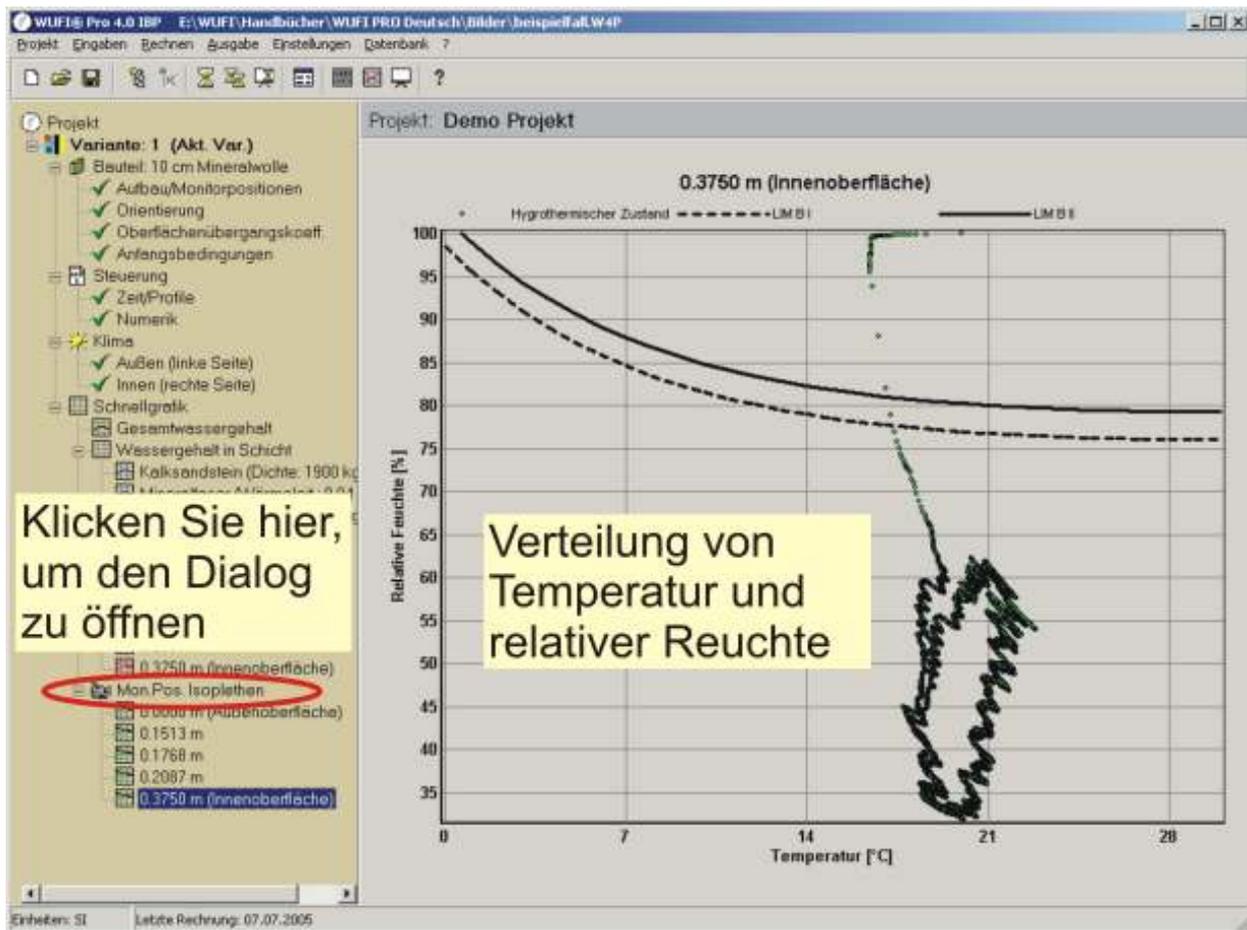
Über den Verlauf des Wassergehalts hinaus ist nun auch die absolut enthaltene Wassermenge im Material von Bedeutung. So ist z.B. bei Holzwerkstoffen darauf zu achten, dass ein Wassergehalt von 20 M.-% nicht über längere Zeiträume überschritten wird, da dies Fäulnisprozesse oder Schimmelpilzwachstum bedingen kann. Weiterhin sollten in Dämmstoffen keine zu hohen Wassergehalte auftreten, da dies die wärmedämmende Wirkung verringert. Bei außen liegenden Materialien kann es bei hohen Wassergehalten zu Frostschäden kommen. Befragen Sie im Zweifelsfall den Hersteller Ihrer Baustoffe, ob bestimmte Wassergehalte in den Materialien nicht überschritten werden sollten.

## Dialog "Schnellgrafik" – Mon.Pos. Temperatur / Taupunkt



Die Darstellung von Temperatur und Taupunkttemperatur an den Monitorpositionen ermöglicht die Überprüfung, ob es an der Monitorposition im berechneten Zeitraum zu einer Taupunktunterschreitung kommt. Dies ist der Fall, wenn die violette Kurve mit der Taupunkttemperatur oberhalb der roten Kurve mit der Temperatur an der Monitorposition zu liegen kommt.

## Dialog "Schnellgrafik" – Mon.Pos. Isoplethen

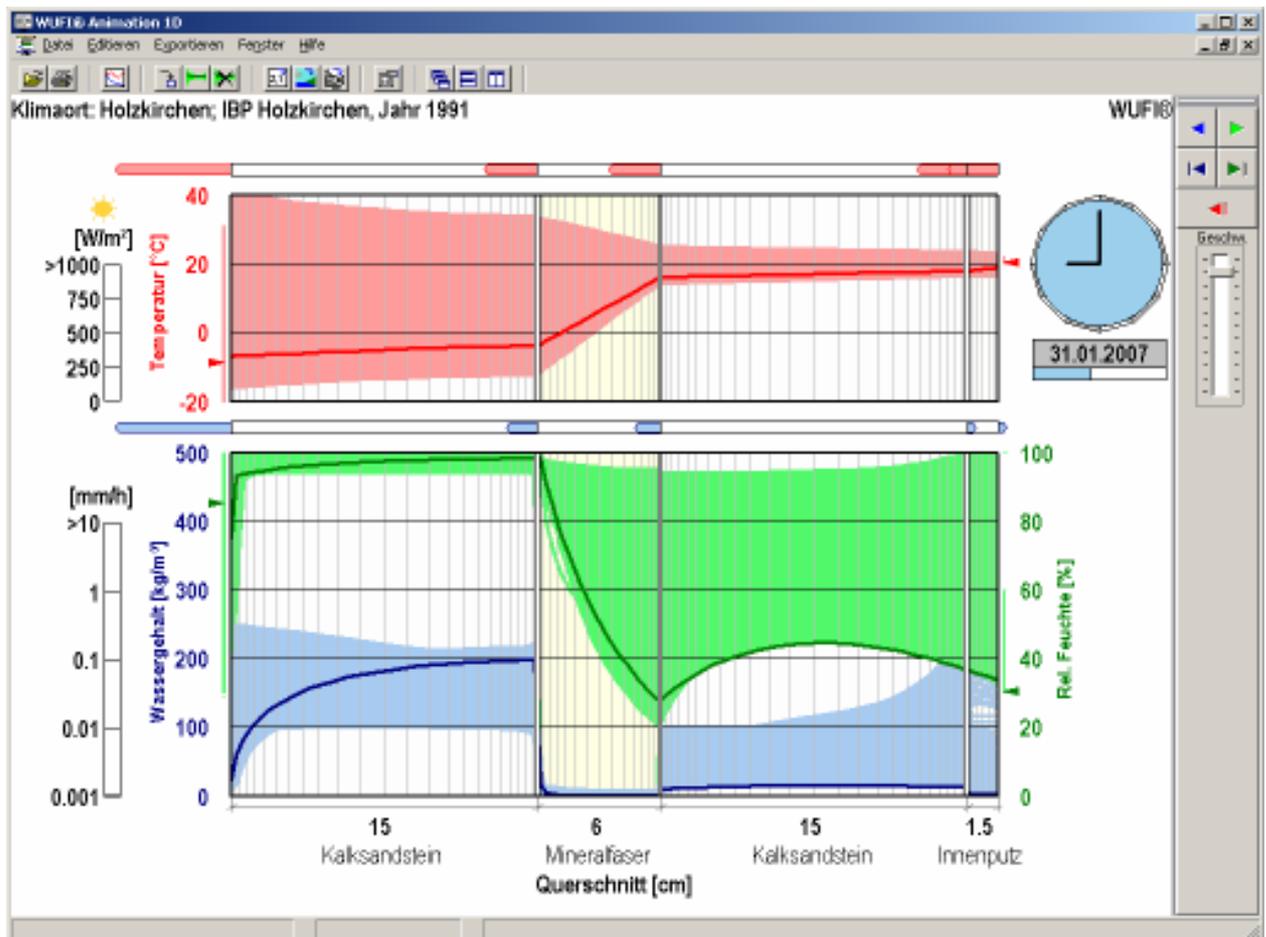


Unter Mon.Pos. Isoplethen erhalten Sie eine Häufigkeitsverteilung von Temperatur und relativer Feuchte an den Monitorpositionen. Dies ermöglicht eine Auswertung ob bestimmte für manche Materialien ggf. problematische Bedingungen von hohen Feuchten und gleichzeitig hohen Temperaturen auftreten.

Zusätzlich sind die Grensisoplethen für das Schimmelpilzwachstum auf Innenoberflächen in Abhängigkeit von der Substratqualität des Untergrundes eingezeichnet. Wenn die hygrothermischen Verhältnisse an der Innenoberfläche oder an Materialschichtgrenzen unterhalb dieser Kurven liegen, ist nach bisherigen Erkenntnissen kein Schimmelpilzwachstum möglich. Ein Überschreiten der Kurven bedeutet im Gegenzug lediglich, dass an dieser Position Schimmelpilzwachstum nicht ausgeschlossen werden kann. Ob tatsächlich Wachstumsbedin-

gungen vorliegen kann mit Hilfe des Modells WUFI®-Bio (kann von der WUFI®-Homepage herunter geladen werden) überprüft werden. Das zugrunde liegende Biohygrothermische Modell ist für die Anwendung auf der Außenoberfläche ungeeignet, da hier die Außenklimaeinflüsse wie ultraviolette Strahlung oder Frost das Wachstum von Schimmel behindern.

## Dialog "Ausgabe Filmdarstellung"



Der WUFI®-Film ist eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Profile von Temperatur, relativer Feuchte und Wassergehalt. Die dunkleren Kurven repräsentieren dabei die Werte im aktuellen Zeitschritt; die heller eingefärbten Bereiche stehen für die während der Berechnung bisher erreichten Verhältnisse. Im oberen Teil der Grafik ist rot die Temperatur (and falls aktiviert: violett die Taupunkttemperatur) im unteren Teil grün die relative Feuchte und blau der zugehörige Wassergehalt dargestellt. Die roten und blauen Pfeile oberhalb der Grafiken zeigen die Flüsse von Wärme und Feuchte an den Materialgrenzen sowie durch die Bauteiloberflächen. Auf der linken Seite werden zudem oben die Werte für die aktuelle solare Einstrahlung und unten für die Niederschlagsmenge angezeigt.

Die insgesamt leicht verständliche Visualisierung soll ein „Gefühl“ dafür vermitteln, welche thermischen und hygrischen Verhältnisse in einem Bauteil auftreten. So erkennen Sie z.B. sofort, wohin die Feuchte in den verschiedenen Jahreszeiten wandert und welche Stellen der Konstruktion bezüglich hoher relativer Feuchten (grüne Kurve am oberen Rand der Skala) kritisch sein könnten.

Da der Film sämtliche Berechnungsergebnisse enthält, führt dies bei der Speicherung des Projekts zu entsprechend großen Dateien – die Speicherung des Films kann daher unter „Optionen / Ergebnisdaten“ deaktiviert werden.