

WUFI®

Leitfaden zur Bewertung des Schimmelpilzrisikos mit WUFI®

Stand: August 2017

Inhalt:

1. Einführung

Schimmelpilzwachstum in und auf Bauteilen	Folie 3
Einflussfaktoren auf das Schimmelpilzwachstum	Folie 4 - 5

2. WUFI® Bio

Isophleten-Bewertung	Folie 6 - 8
Modellspore zur Beurteilung des Feuchteverhaltens	Folie 9
Vorgehensweise	Folie 10
Hinweise und Anwendungsgrenzen	Folie 11
Programmtechnische Umsetzung des Modells	Folie 12 - 17

3. Beispiele

A: Geneigtes Blechdach mit moderate Dampfbremse	Folie 18 - 36
B: Geneigtes Blechdach mit feuchtevariabler Dampfbremse	Folie 37 - 44

1. Einführung - Schimmelpilzwachstum in und auf Bauteilen

Schimmelpilzwachstum in bewohnten Gebäuden hat für die Bewohner u.a. folgende Auswirkungen:

- Ästhetische Beeinträchtigungen
- Hygienische Beeinträchtigungen
- Potentielle Gesundheitsgefährdung aufgrund der Produktion und Verbreitung von Schadstoffen



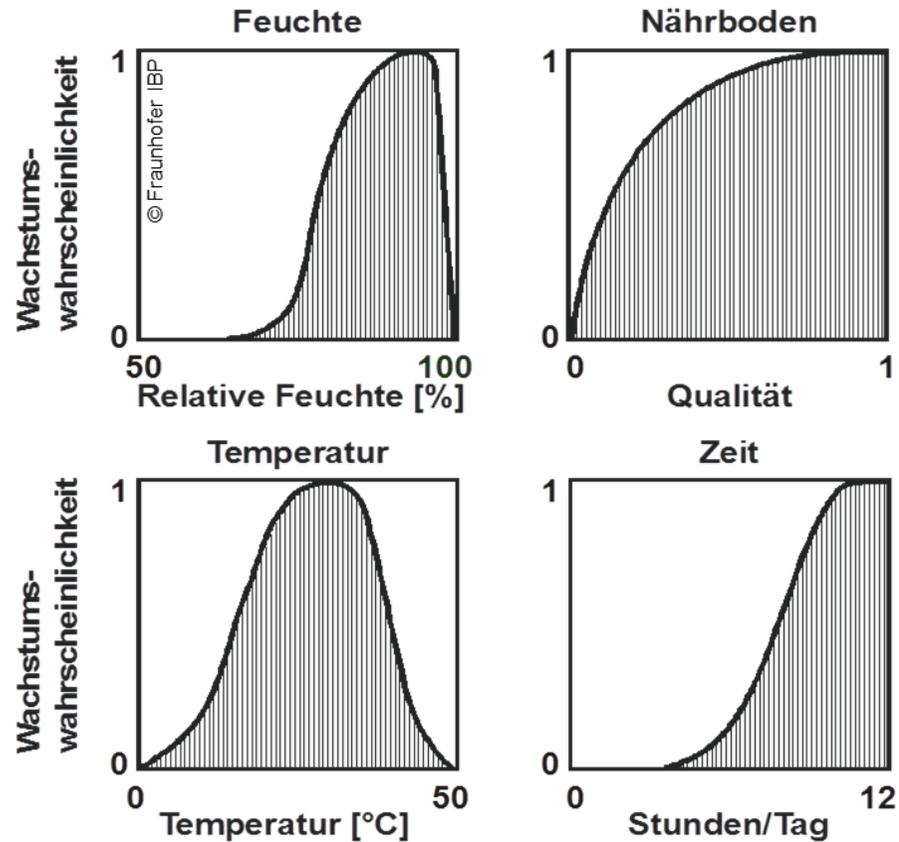
1. Einführung - Einflussfaktoren auf das Schimmelpilzwachstum

<u>Einflussfaktor</u>	<u>Realität</u>	<u>Berücksichtigung</u>
Feuchte	wichtigster Einfluss	<p>Können vom Planer durch Konstruktionsaufbau und Materialwahl bzw. durch Berücksichtigung der realen Nutzung beeinflusst bzw. erfasst werden.</p>
Temperatur	starker Einfluss	
Zeit	starker Einfluss	
Substrat	Nährstoffe aus Substrat und Verschmutzung	
pH-Wert	wird von den Pilzen selbst beeinflusst – schwer vorherzusagen	<p>Meist schwer vorherzusagen - sollten im Zweifel als günstig angenommen werden.</p>
Licht	Wachstum auch ohne Licht möglich	
Sauerstoff	normalerweise vorhanden	
Anwesenheit von Sporen	normalerweise überall vorhanden	
Oberflächenrauigkeit	Leichtere Verschmutzung	
Biologische Wechselwirkungen	unvermeidbar	

1. Einführung - Einflussfaktoren auf das Schimmelpilzwachstum

Wachstumsvoraussetzungen von Schimmelpilzen:

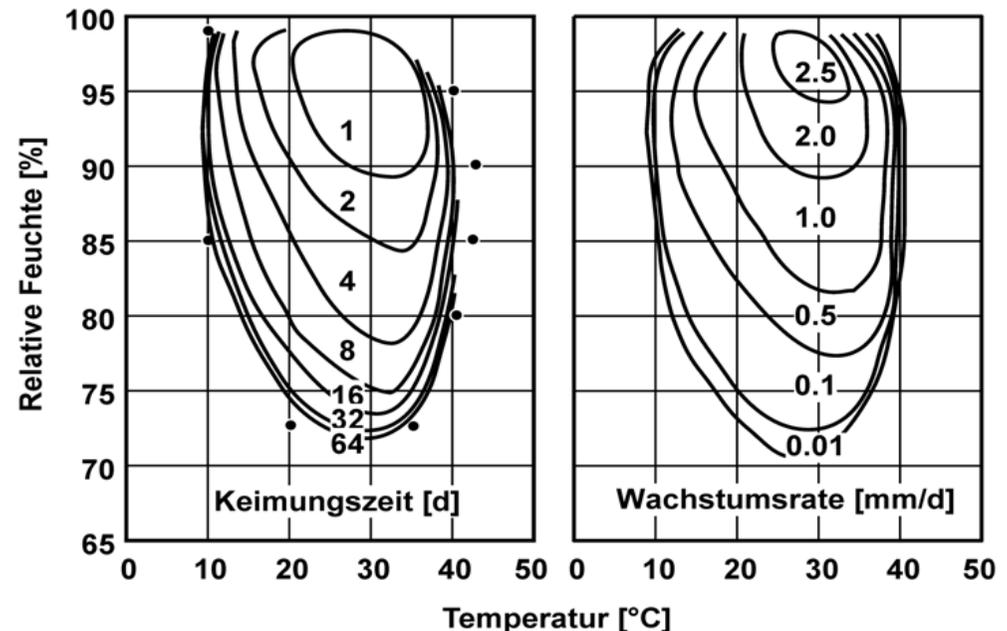
Reduktion auf die wesentlichen Einflussfaktoren Temperatur und Feuchte, deren kombinierte Einwirkdauer sowie die Substratqualität.



2. WUFI® Bio - Isoplethen-Bewertung

Keimungs- und Wachstumsbedingungen einzelner Schimmel-Arten:

- Temperatur-/Feuchte-Diagramme, die die Bereiche abgrenzen, in denen die Sporen eine bestimmte Zeit brauchen, bis sie ausgekeimt sind. Die Linien gleicher Keimungszeit werden Isoplethen genannt.
- Isoplethensysteme für Keimungszeit und Wachstumsrate am Beispiel des *Aspergillus restrictus* (Smith*):

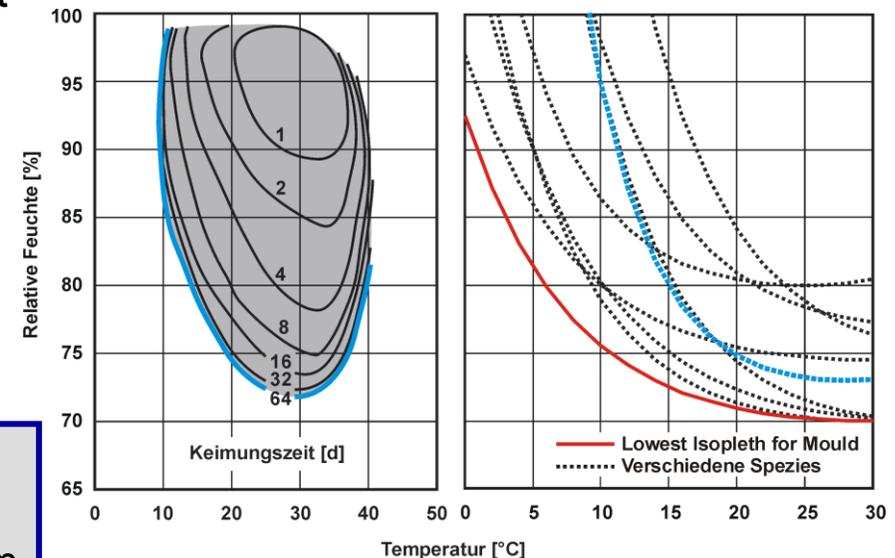


Quelle: Smith, S. L.; Hill, S. T.: Influence of temperature and water activity on germination and growth of *Aspergillus restrictus* and *Aspergillus versicolor*. Transactions of the British Mycological Society Vol. 79 (1982), H. 3, S. 558 - 560.

2. WUFI® Bio - Isoplethen-Bewertung

Zusammenfassung der minimalen Wachstumsbedingungen in LIM-Kurven:

- Die unterste Keimungsisoplethe (linkes Bild - blau) trennt den Bereich, in dem die Umgebungsbedingungen ein Auskeimen der Spore gestatten, von dem Bereich, in dem auch langfristig keine Keimung möglich ist.
- Für alle baupraktisch relevanten Schimmelpilzarten wurden die jeweils untersten Keimungsisoplethen im rechten Bild zusammengefasst und eine allgemein gültige minimale Keimungsisoplethe LIM (Lowest Isopleth for Mould) ermittelt (rechtes Bild - rot)



Substrat:
Optimales
Nährmedium

2. WUFI® Bio - Isoplethen-Bewertung

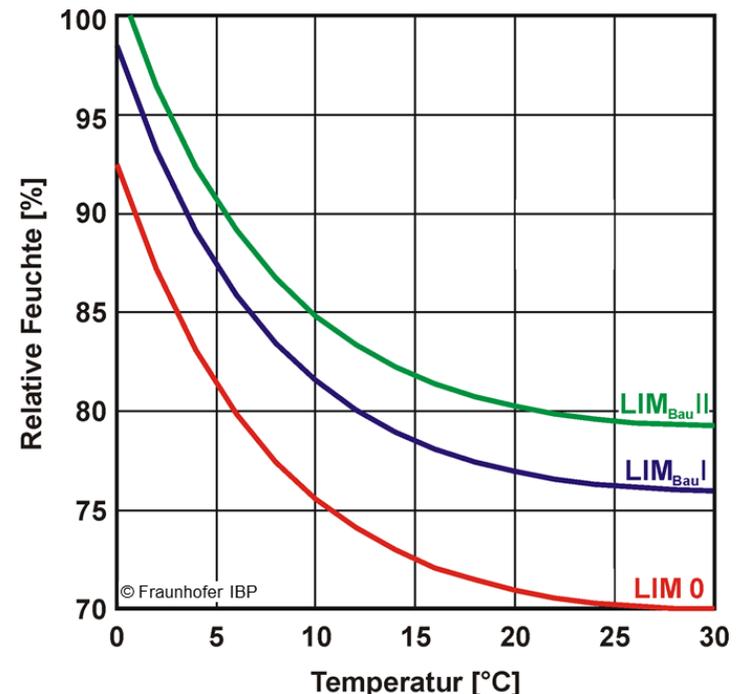
Anpassung der LIM-Kurven vom optimalen Nährboden auf Baumaterialien:

- Experimentelle Bestimmung der Isoplethensysteme bei Kultivierung der Pilze auf einem Nährboden (biologisches Vollmedium).
- In Gebäuden stehen i.d.R. nur Substrate mit geringerem Nährstoffangebot zur Verfügung → Berücksichtigung der Nährstoffqualität durch Verwendung von zwei baupraktisch relevanten Substratklassen:

II biologisch kaum verwertbare
Substrate
(z.B. mineralische Baustoffe)

I biologisch gut verwertbare
Substrate
(z.B. Tapeten, Verschmutzung)

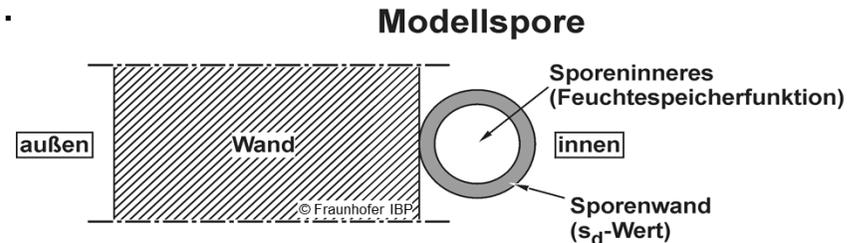
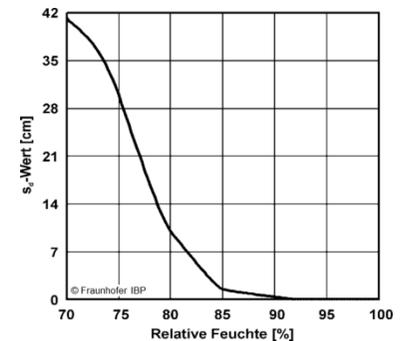
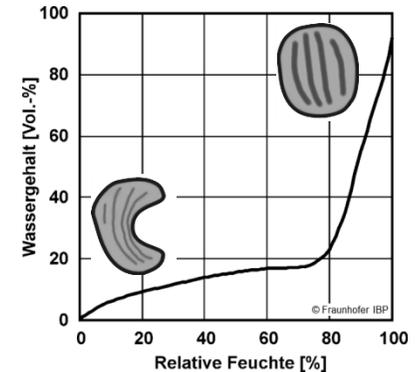
0 optimales Substrat
(biologische Vollmedien)



2. WUFI® Bio - Modellspore zur Beurteilung des Feuchteverhaltens

Berechnung einer generischen Modell-Schimmel-Spore:

- Eine Pilzspore besitzt ein gewisses osmotisches Potential, mit dessen Hilfe sie Wasser aus der Umgebung aufnehmen kann → dieses Potential wird rechnerisch durch eine Feuchtespeicherfunktion beschrieben.
- Die Sporenwand weist einen feuchteabhängigen Diffusionswiderstand auf, welcher die Feuchteaufnahme bzw. -abgabe verzögert.
- Je nach Umgebungstemperatur und -feuchte ändert sich der Wassergehalt in der Spore → bei Erreichen des temperaturabhängigen kritischen Grenzwassergehalts keimt die Spore aus.



2. WUFI® Bio - Vorgehensweise

1. Vergleich der berechneten Verhältnisse mit den LIM-Kurven zeigt, ob Temperatur- und Feuchtekombinationen auftreten, bei denen langfristig mit einer Auskeimung der Spore zu rechnen wäre.
2. Falls ja, Auswertung der Position mit WUFI® Bio und Berechnung des temperaturabhängigen Wassergehalts in der Modellspore.
3. Wird der Grenzwassergehalt in der Spore überschritten, keimt die Spore aus und Myzelwachstum beginnt.
4. Das zu erwartende Wachstum wird dann entsprechend den Wachstumsisoplethen angegeben und aufsummiert.
5. Ein Ampelschema hilft bei der Bewertung des Risikos.

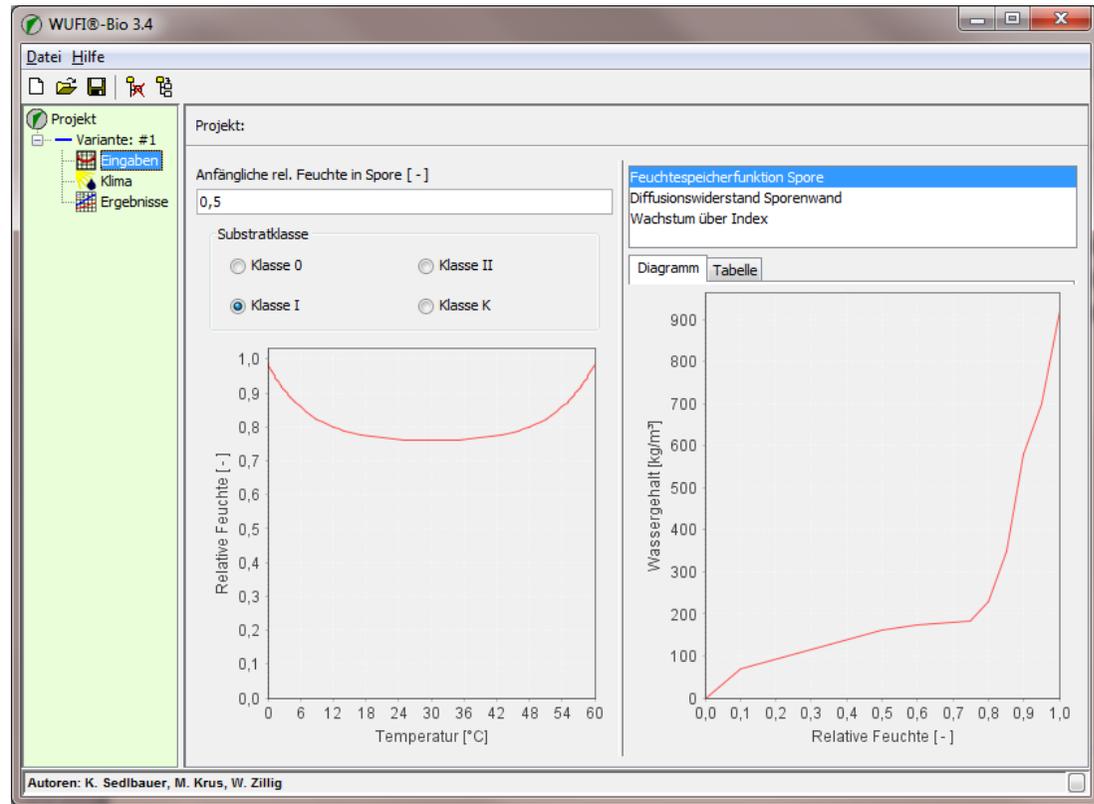
2. WUFI® Bio - Hinweise und Anwendungsgrenzen

- Das Verfahren stellt eine Bewertung des Risikos für Schimmelpilzwachstum dar, jedoch nicht unbedingt eine in allen Punkten realistische Simulation der Wachstumsvorgängen.
- Tendenziell wird etwas früher Schimmelpilzbildung vorhergesagt, als es in Realität der Fall sein wird (sichere Seite)!
- Es wird angenommen, dass in Perioden, in denen die Grenzwassergehalt wieder unterschritten wird, die Pilze das Wachstum einstellen, aber nicht absterben.
- Das biohygrothermische Modell wurde für die Vorhersage von Schimmelpilzwachstum in Räumen konzipiert. Bei davon abweichenden Randbedingungen (z.B. in der Konstruktion oder an Außenoberflächen) muss im Einzelfall überprüft werden, ob das Modell verwendet werden kann. Ggf. können andere Effekte das Wachstum behindern: Erwärmung durch Sonneneinstrahlung, Abtöten der Pilze durch UV-Strahlung oder Abwaschen durch Regen. Vergleichende Bewertungen können allerdings auch an diesen Positionen durchgeführt werden.

2. WUFI® Bio - Programmtechnische Umsetzung des Modells

Eingabedaten:

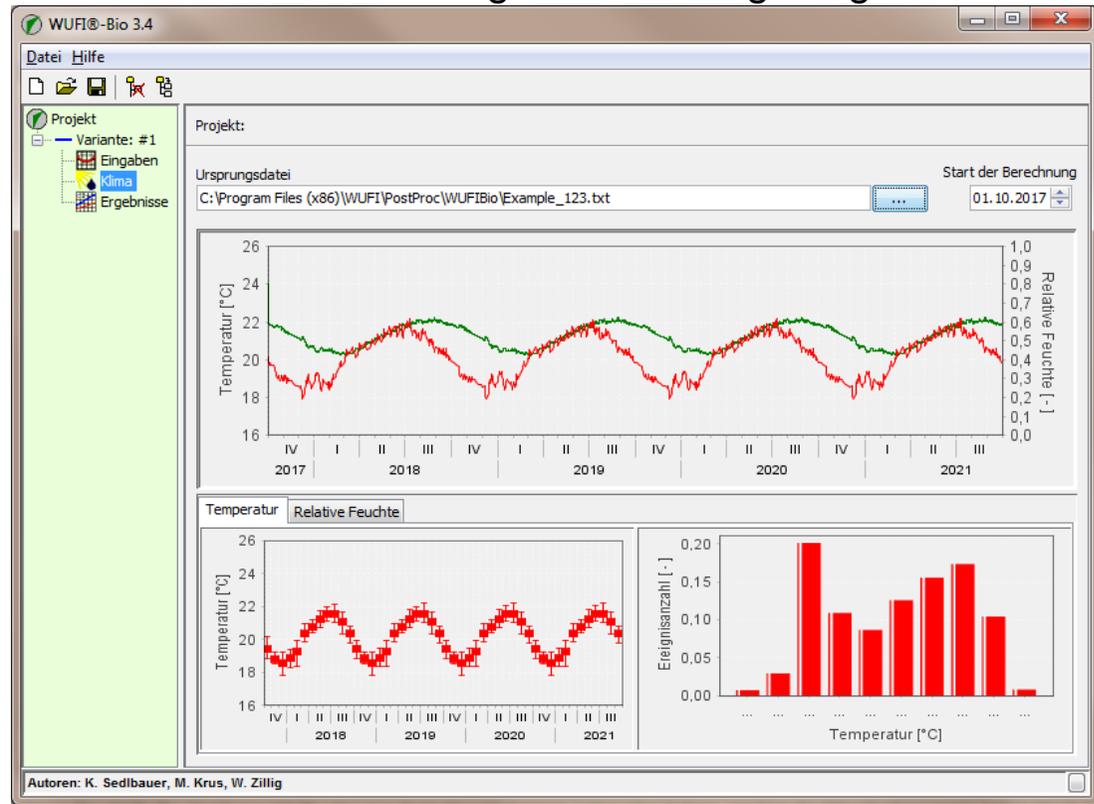
- Vorgabe der Anfangsfeuchte in der simulierten Spore. Diese beeinflusst nur den anfänglichen Verlauf der Simulation, nach einer Weile wird der Wassergehalt in der Spore von den Umgebungsbedingungen bestimmt. (Empfehlung: 0,5)
- Angabe der Substratklasse:
 - Klasse 0
 - Klasse I
 - Klasse II
 - Klasse K(Wachstumsanforderungen für gesundheitskritische Pilze)



2. WUFI® Bio - Programmtechnische Umsetzung des Modells

Eingabedaten:

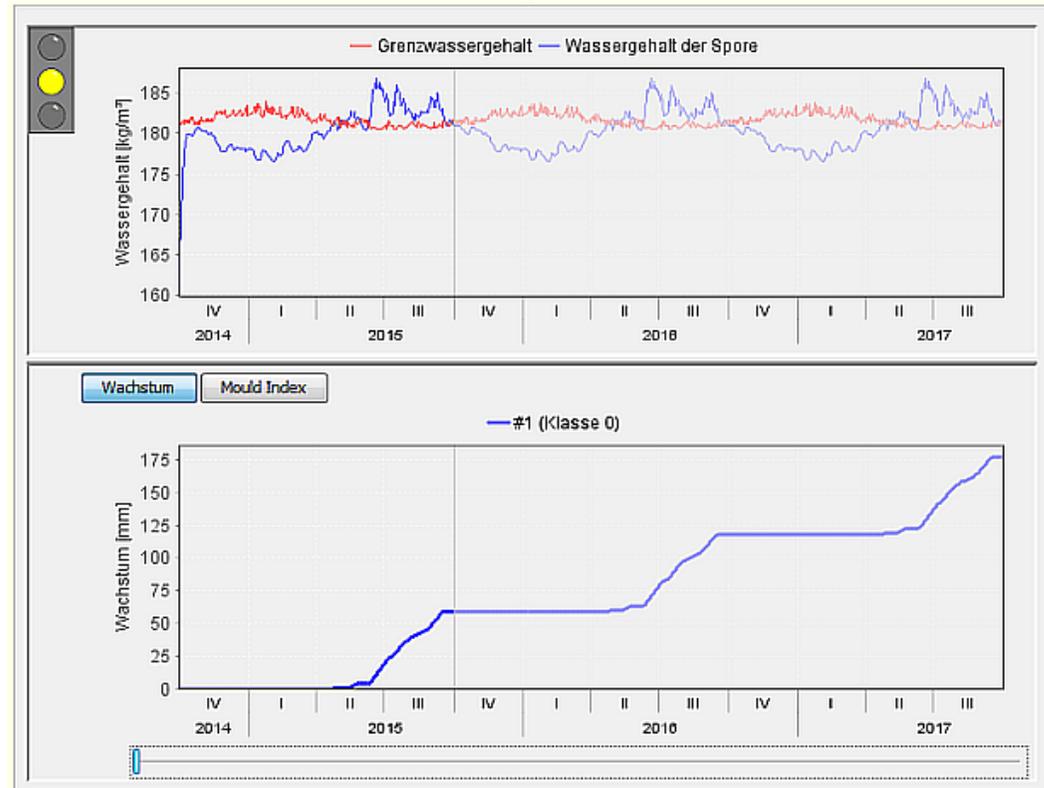
- Angabe der Klimabedingungen, denen die Modellsore ausgesetzt ist.
- Beim Öffnen von WUFI® Bio aus WUFI® oder WUFI® Film, werden die Klimabedingungen automatisch an WUFI® Bio übergeben und angezeigt.
- Andernfalls können manuell Klima-bedingungen (z.B. Messdaten) importiert werden.



2. WUFI® Bio - Programmtechnische Umsetzung des Modells

Bewertung der Ergebnisse:

- Oberes Diagramm: berechneter Verlauf des Wassergehalts in der Spore (blau) und Verlauf des jeweiligen Grenzwassergehalts (rot).
- Unteres Diagramm: das nach einer eventuellen Keimung zu erwartende Myzelwachstum
- Wachstumsrate:
Beschreibt, um wie viele Millimeter sich der Rand eines fleckenförmigen Befalls pro Tag nach außen schiebt.
Gesamtwachstum entspricht dann dem Radius eines Schimmelflecks.
- Alternativ:
Bewertungsergebnis als „Mould Index“



2. WUFI® Bio - Programmtechnische Umsetzung des Modells

Bewertung der Ergebnisse:

- Der „Mould Index“ nach Viitanen gibt in einer sechsstufigen halbquantitativen Bewertungsskala Intensität und Ausbreitung des Bewuchses an.
- Da der „Mould Index“ anschaulicher ist, kann das Myzelwachstum in [mm] auch in den „Mould Index“ umgerechnet werden.

Index	Beschreibung
0	kein Wachstum
1	ein wenig Wachstum unter dem Mikroskop erkennbar
2	mäßiges Wachstum unter Mikroskop erkennbar, Bedeckung mehr als 10%
3	ein wenig mit bloßem Auge sichtbares Wachstum
4	sichtbares Wachstum, Bedeckung mehr als 10%
5	Bedeckung mehr als 50%
6	Bedeckung mehr als 100%

2. WUFI® Bio - Programmtechnische Umsetzung des Modells

Bewertung der Ergebnisse:

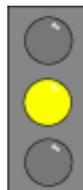
- Das Ampelschema bietet eine Richtlinie zur Bewertung des Schimmelpilzrisikos.



Schimmelwachstum liegt unter 50 mm/a
(Mould Index $\leq \sim 0,5$)
→ noch kein Wachstum



Schimmelwachstum überschreitet 200 mm/a
(Mould Index $\geq \sim 2$)
→ beginnendes sichtbares Wachstum



Schimmelwachstum liegt zwischen 50 mm/a und 200 mm/a
→ beginnendes nur mikroskopisch erkennbares Wachstum

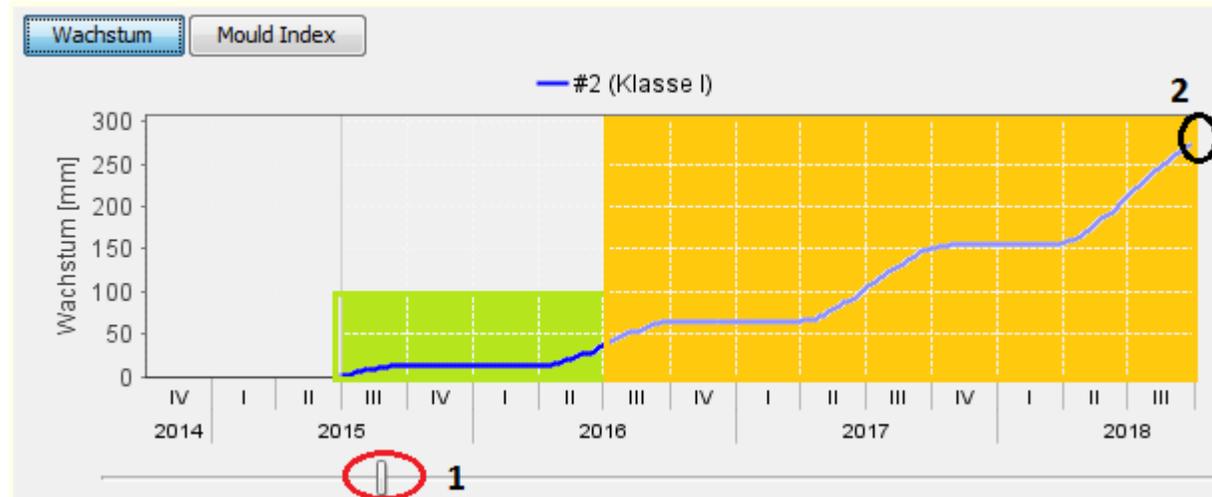


Bewertungszeitraum ist kürzer als ein Jahr.

2. WUFI® Bio - Programmtechnische Umsetzung des Modells

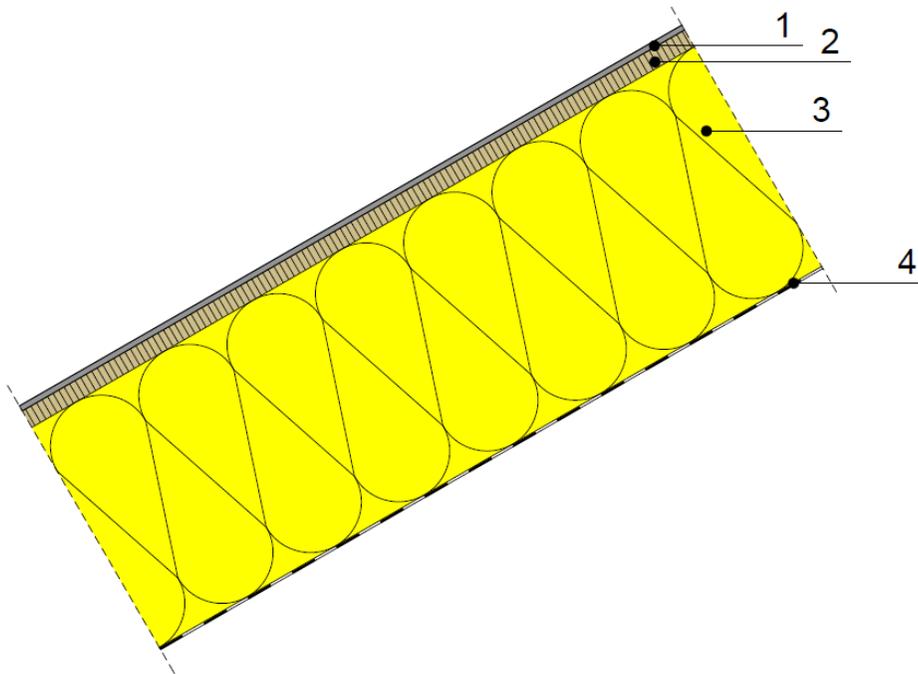
Bewertung der Ergebnisse:

- Der Auswertezeitraum beträgt jeweils ein Jahr (grüner Bereich) und kann mit dem Schieberegler (1) innerhalb des Berechnungszeitraums verschoben werden.
- Das Wachstum im darauffolgenden Zeitraum (oranger Bereich) ist eine Prognose basierend auf dem ersten betrachteten Jahr.
- Wird der Schieberegler (1) verschoben, ändern sich sowohl der Anfangszeitpunkt der Wachstumsbetrachtung als auch das maximale Wachstum am Ende des Betrachtungszeitraums (2).



3. Beispiele - Problembeschreibung

Am Beispiel eines Steildaches mit Blecheindeckung und zwei unterschiedlichen Dampfbremsen an der Innenseite wird die Vorgehensweise bei der Beurteilung des Schimmelpilzrisikos erläutert.



- 1 Blecheindeckung
- 2 Holzschalung
- 3 Dämmung
- 4 Dampfbremse

3. Beispiel A - Konstruktionsaufbau

Aufbau (von außen nach innen):

- Zinkblecheindeckung ($s_d = 50 \text{ m}$)
- Holzschalung (Weichholz) 0,02 m
- Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK) 0,14 m
- Natronkraftpapier ($s_d = 3 \text{ m}$) 0,001 m

3. Beispiel A - Außen- und Innenklima

Randbedingungen:

- Steildach (50° nach Norden geneigt)
- Zinkblecheindeckung
($a = 0,6$; $\varepsilon = 0,4$)
- Außenklima: Holzkirchen
- Innenklima: EN 15026 mit normaler Feuchtelast
- Luftdichtheit der Gebäudehülle: $q_{50} = 3 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$
- Höhe der Luftsäule: 5 m
- Anfangsfeuchte in der Holzschalung: 25 M.-%

3. Beispiel A - Bauteileingabe

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

**Variante 1:
Natronkraftpapier**

WUFI® Pro 6.1
Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt
Variante: 1 Zinkblech mit Natronkraftpapier
Bauteil
Aufbau/Monitorpositionen
Orientierung
Oberflächenübergangskoeff.
Anfangsbedingungen
Steuerung
Klima

Variante: Zinkblech mit Natronkraftpapier
Aufbau/Monitorpositionen Orientierung/Neigung/Höhe Oberflächenübergangskoeff. Anfangsbedingungen

Schichtname
Natronkraftpapier
Dicke [m] 0,001

Außen (linke Seite) 0,02 0,14 Innen (rechte Seite) 0,001

Materialdaten
Quellen, Senken
Neue Schicht
Duplizieren
Löschen

Bearbeiten Aufbau
Bild
Tabelle

Zuordnung aus Datenbanken
Materialdatenbank
Konstruktionsdatenbank

Gitteraufbau
Automatisch (II)
100 Fein
Aut. Unterteilung in Manuelle kopieren

Gesamtdicke
Dicke: 0.161 m

Wärmeschutzigenschaften
Wärmedurchlasswiderstand: 3.69 m²K/W
U-Wert 0.259 W/m²K

Einheiten: SI Letzte Rechnung: 13.07.2017

**Dachaufbau ohne Zinkblecheindeckung eingeben
ggf. Schichtdicken anpassen**

3. Beispiel A - Berücksichtigung der Infiltrationsfeuchte

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Infiltrationsquelle nach DIN 68800 in der Holzschalung berücksichtigen.

The screenshot displays the WUFI8 Pro 6.1 software interface. The main window shows a cross-section of a building assembly with various layers. A green box highlights a specific layer, with the text "Bauteilschicht markieren" overlaid. Another green box highlights the "Quellen, Senken" button in the right-hand panel, with the text "Quellen und Senken" overlaid. A dialog box titled "Hygrothermische Quellen" is open, showing a table for adding moisture sources. The "Neue Feuchtequelle..." button is highlighted with a green box, and the text "Neue Feuchtequelle" is overlaid on the dialog. The dialog box contains the following information:

Schicht/Materialname: Weichholz

Hygrothermische Quellen

Nr.	Typ	Bezeichnung
-----	-----	-------------

Buttons: OK, Abbrechen, Hilfe

3. Beispiel A - Berücksichtigung der Infiltrationsfeuchte

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle in den inneren
5 mm der Holzschalung.

Feuchtequelle

Bezeichnung Infiltrationsquelle **Innere 5 mm der Holzschalung**

Verteilungsbereich

- Ein Element
- Mehrere Elemente
- Ganze Schicht

Quellentyp

- instationär aus Datei
- Anteil des Schlaagregens
- Luftinfiltrationsmodell IBP
- konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

- keine Begrenzung
- Begrenzung auf max. Wassergehalt
- Begrenzung auf freie Wassersättigung
- Benutzerdefiniert

Starttiefe in Schicht [m] 0,015

Endtiefe in Schicht [m] 0,02

Durchströmung der Hülle q50 [m³/m²h] 3

Luftdichtigkeitsklasse B

Höhe der Luftsäule [m] 5

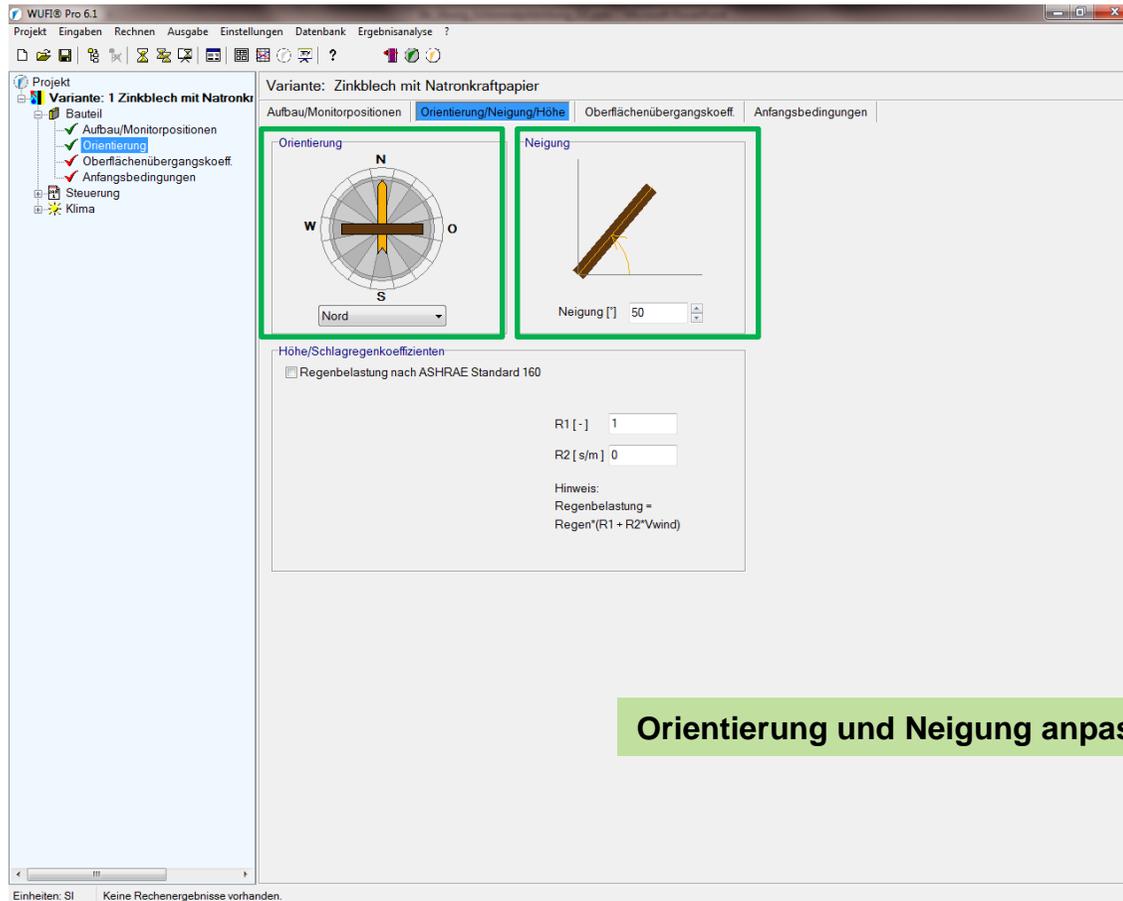
Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa] 0

Infiltrationsquelle anpassen

OK Abbrechen Hilfe

3. Beispiel A - Neigung und Orientierung des Bauteils

Eingabe: Bauteil - Orientierung



3. Beispiel A - Oberflächenübergangskoeffizienten

Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

Variante: Zinkblech mit Natronkraftpapier

Aufbau/Monitorpositionen | Orientierung/Neigung/Höhe | **Oberflächenübergangskoeff.** | Anfangsbedingungen

Außenoberfläche (linke Seite)

Wärmeübergangskoeffizient [W/m ² K]	19.0	Dach
beinhaltet langwellige Strahlungsanteile [W/m ² K]	6.5	
Windabhängig	<input type="checkbox"/>	...
Sd-Wert [m]	50	Benutzerdefiniert
<small>Hinweis: Dieser Wert hat keinen Einfluss auf die Regenaufnahme</small>		
Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl [-]	0,6	Benutzerdefiniert
Langwellige Strahlungsemissionszahl [-]	0,4	
Explizite Strahlungsbilanz	<input checked="" type="checkbox"/>	... <small>Hinweis: diese Option dient u.a. zur Berücksichtigung der Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahlung. In sensitiven Fällen sind hinreichend genaue Gegenstrahlungsdaten erforderlich.</small>
Terrestr. kurzw. Reflexionsgrad [-]	0,2	Standardwert
Anhaftender Anteil des Regens [-]	----	Keine Regenwasserabsorption

Innenoberfläche (rechte Seite)

Wärmeübergangskoeffizient [W/m ² K]	8.0	(Dach)
Sd-Wert [m]	----	Keine Beschichtung

Wärmeübergangskoeffizient für Dach = 19 W/m²K

s_d-Wert der Blecheindeckung = 50 m

Farbgebung der Blecheindeckung (a_e = 0,6)

Explizite Strahlungsbilanz einschalten (ε = 0,4)!

Keine Regenwasserabsorption!

Oberflächenübergangskoeffizienten anpassen!

3. Beispiel A - Anfangsbedingungen

Eingabe: Bauteil - Anfangsbedingungen

The screenshot shows the 'Anfangsbedingungen' (Initial Conditions) tab in the WUFI Pro 6.1 software. The component is 'Zinklech mit Natronkraftpapier'. The 'Anfangsfeuchte im Bauteil' (Initial moisture in the component) is set to 'In den einzelnen Schichten' (In individual layers). The 'Anfangstemperatur im Bauteil' (Initial temperature in the component) is set to 'Über das Bauteil konstant' (Constant over the component) with a value of 20 °C. A table below shows the initial moisture content for each layer.

Nr.	Material Schicht	Dicke [m]	Wassergehalt [kg/m ³]
1	Weichholz	0,02	100
2	Mineralfaser (Wärmeleit: 0,04 W/mK)	0,14	1,79
3	Natronkraftpapier	0,001	1,8

**Anfangswassergehalt in der Holzschalung:
25 M.-% entspricht 100 kg/m³
(bei einer Rohdichte von 400 kg/m³)**

3. Beispiel A - Berechnungszeitraum

Eingabe: Steuerung – Zeit / Profile

The screenshot shows the WUFI Pro 6.1 software interface. The main window is titled 'Variante: Zinkblech mit Natronkraftpapier'. The left sidebar shows a project tree with 'Steuerung' selected, containing 'Zeit/Profile' and 'Numerik'. The main area displays a table titled 'Start & Ende / Profile' with the following data:

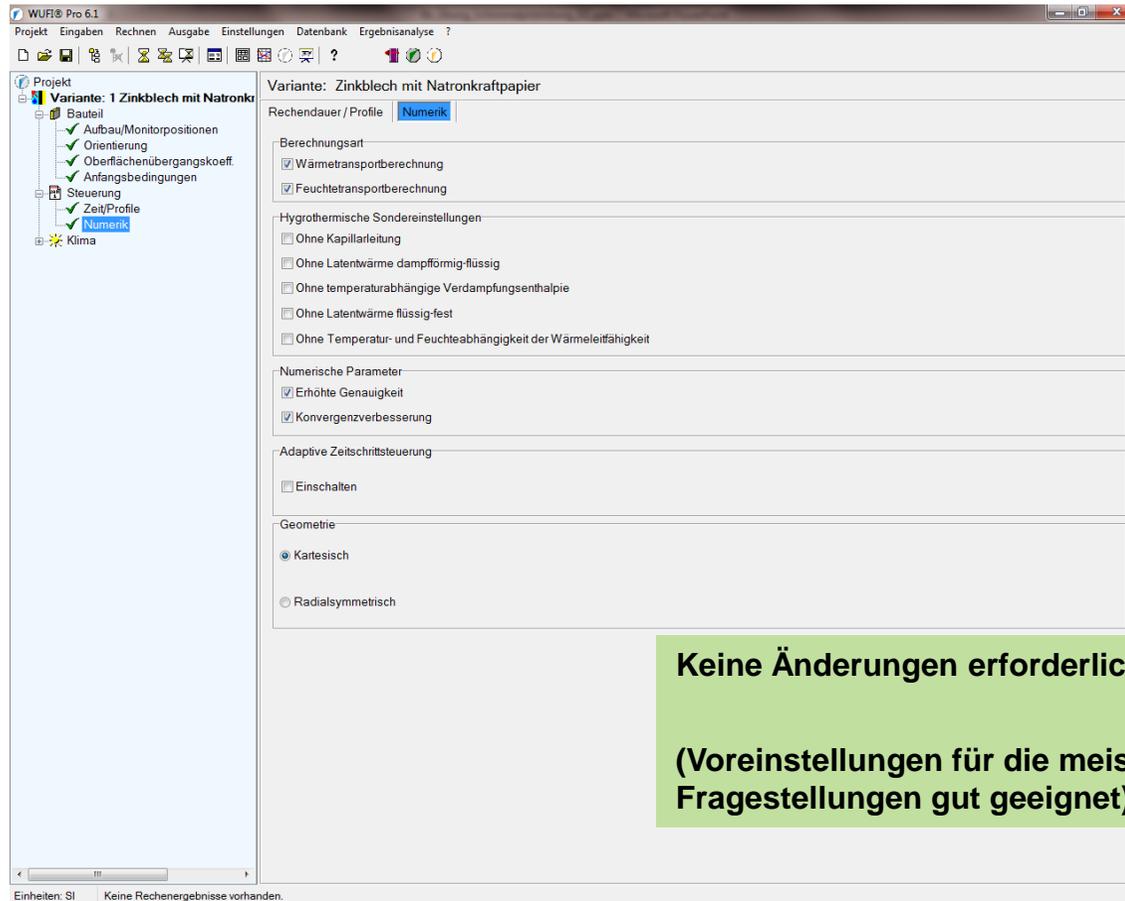
Rechnung	Profil	Datum	Stunde
Start	Profil 1	01.10.2017	00:00:00
Ende	Profil 2	01.10.2020	00:00:00

Below the table, there is a 'Rechenzeitschritt [h]' input field with the value '1'. The status bar at the bottom indicates 'Einheiten: SI' and 'Keine Rechenergebnisse vorhanden.'.

Keine Änderung erforderlich
(Voreinstellung von 3 Jahren ab Anfang Oktober für diffusionsoffene Bauteile meist ausreichend)

3. Beispiel A - Numerische Einstellungen

Eingabe: Steuerung – Numerik



Keine Änderungen erforderlich
(Voreinstellungen für die meisten Fragestellungen gut geeignet)

3. Beispiel A - Außenklima

Eingabe: Klima – Außen (linke Seite)

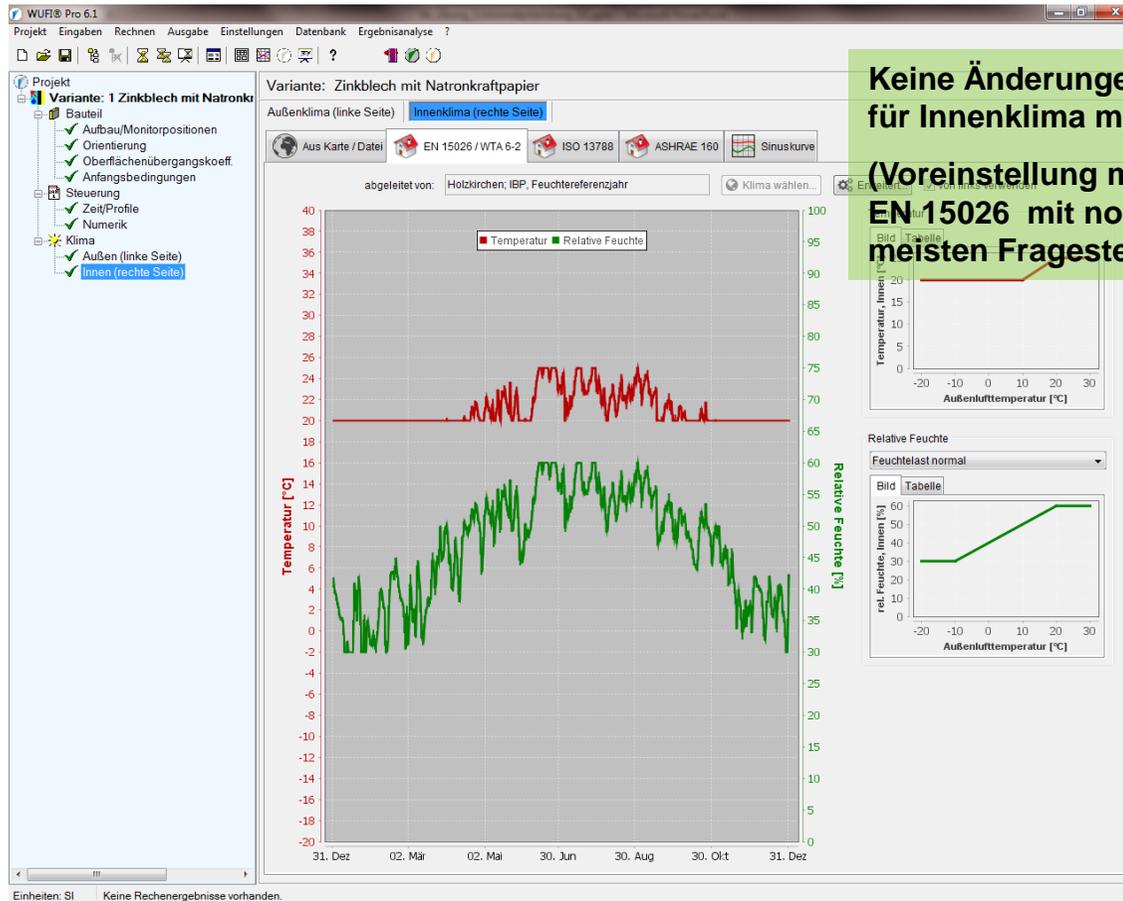
The screenshot shows the WUFI Pro 6.1 software interface. The main window displays climate data for 'Variante: Zinkblech mit Natronkraftpapier' under the 'Außenklima (linke Seite)' tab. A green box highlights the location input field containing 'Holzkirchen, IBP, Feuchterferenzjahr' and the 'Klima wählen...' button. A green callout box with the text 'Standort auswählen' points to this area. The interface includes a left sidebar with a project tree, a top menu bar, and a main data display area with three charts: 'Temperatur / Relative Feuchte', 'Relative Feuchte [%]', and 'Zusätzliche Diagramme' (currently showing 'Diffuse Solarstrahlung'). A right sidebar contains a 'Datei-Info' table with the following data:

Datei-Info	
Klimaort:	Holzkirchen
Breite [°]:	47,88 Nord
Länge [°]:	11,73 Ost
Höhe über NN [m]:	680
Zeitzone:	1,0
Anzahl Datenzellen:	8760
Beschreibung:	...
Kommentar:	...
Klimaelemente	
Temperatur:	TA
Relative Feuchte:	HREL
Kurzwellige Strahlung:	ISGH, ISD
Langwellige Strahlung:	ILAH
Wind:	WS, WV, WD
Regen:	RN
Bewölkungsgrad:	—
Luftdruck:	PSTA

At the bottom left, it says 'Einheiten: SI' and 'Keine Rechenergebnisse vorhanden.'.

3. Beispiel A - Raumklima

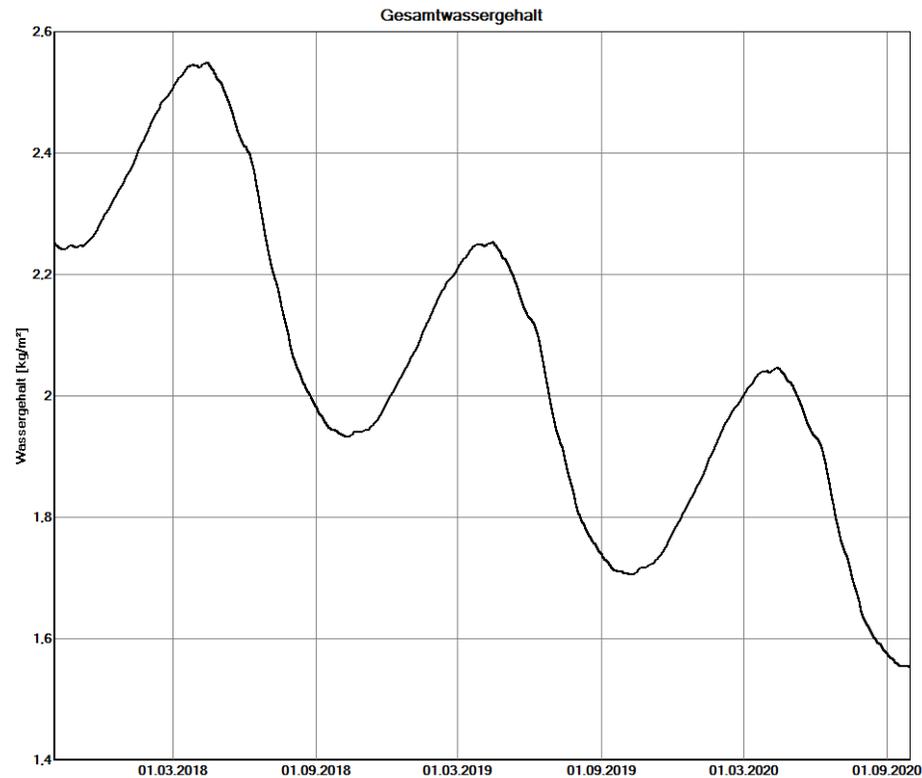
Eingabe: Klima – Innen (rechte Seite)



Keine Änderungen erforderlich für Innenklima mit normaler Feuchtelast (Voreinstellung mit Raumklimamodell nach EN 15026 mit normaler Belegung für die meisten Fragestellungen gut geeignet!)

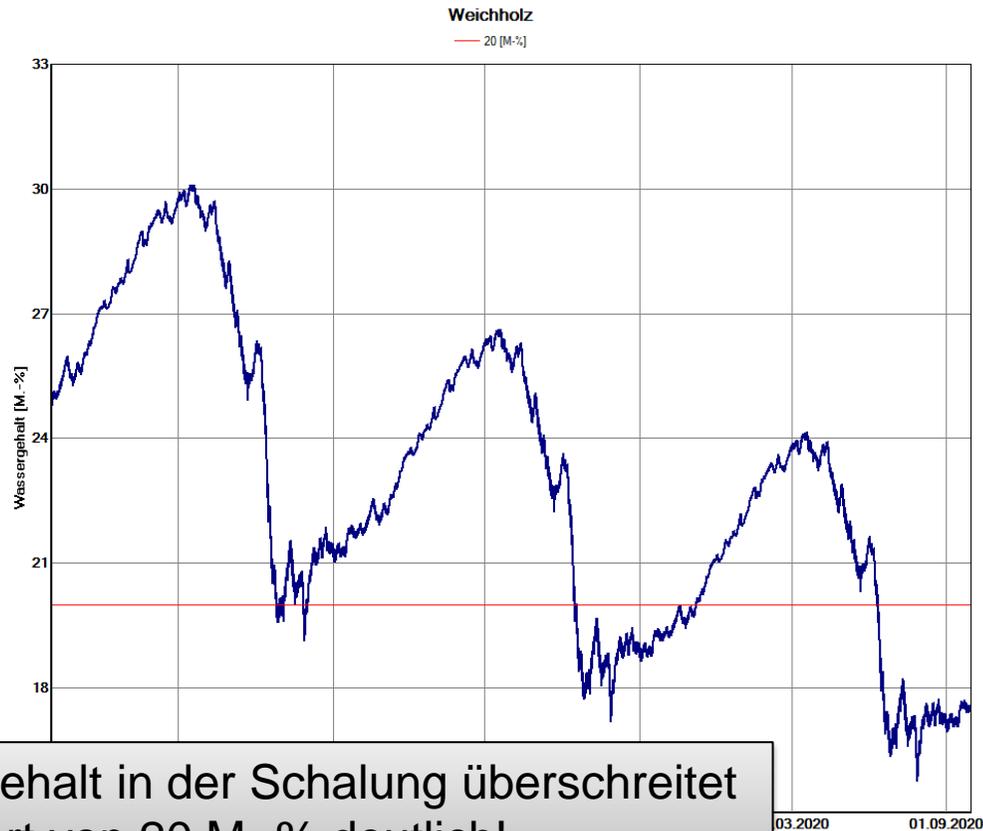
3. Beispiel A - Auswertung Gesamtwassergehalt

Auswertung: Gesamtwassergehalt



3. Beispiel A - Auswertung Holzfeuchte in der Schalung

Auswertung: Holzfeuchte in der Holzschalung – nach DIN 68800

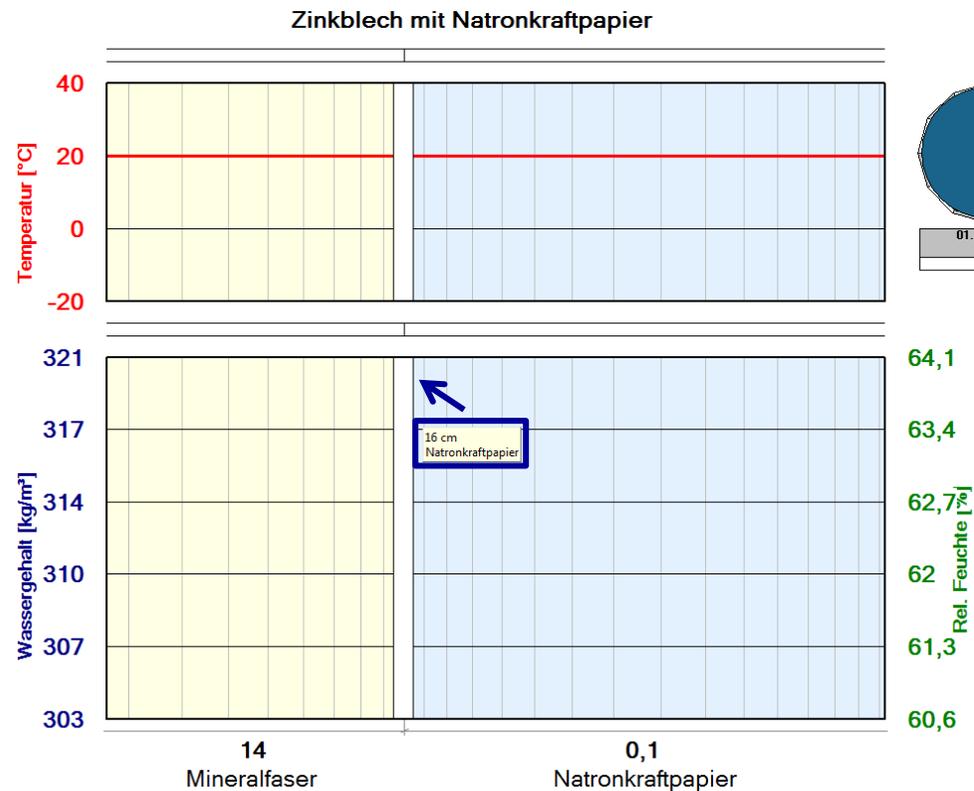


Der Wassergehalt in der Schalung überschreitet den Grenzwert von 20 M.-% deutlich!

3. Beispiel A - Auswertung Feuchteverhältnisse an Dampfbremse

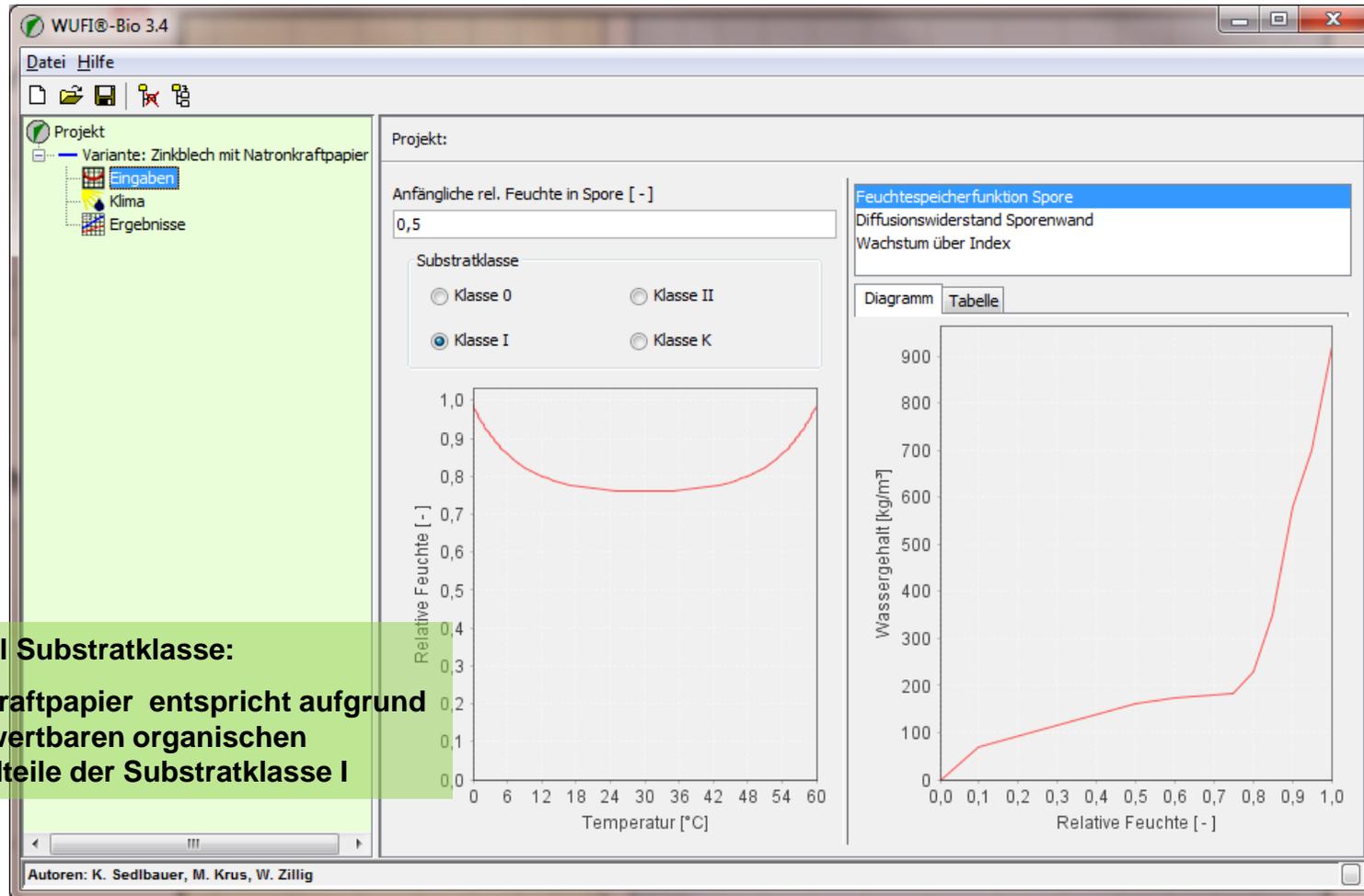
Auswertung: Schimmelpilzrisiko hinter der Dampfbremse

- WUFI® Film öffnen
- Reinzoomen in die Grenzschicht Mineralfaserdämmung / Dampfbremse (bei gedrückter linker Maustaste: Kasten von links oben nach rechts unten aufziehen)
- WUFI® Bio-Symbol  in der Taskleiste drücken und äußerste Element des Natronkraftpapiers auswählen



3. Beispiel A - Einstellungen WUFI® Bio

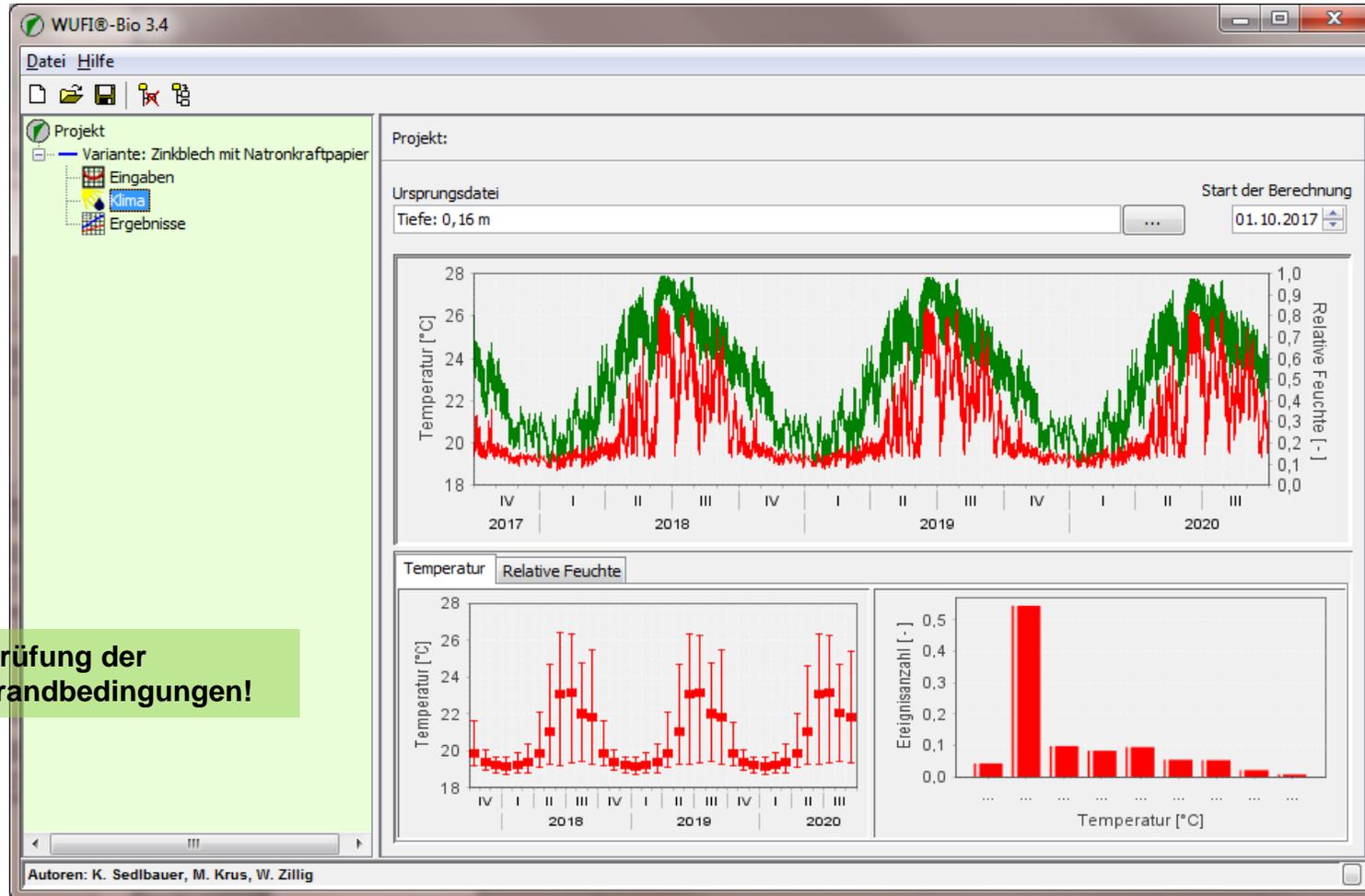
Auswertung: Schimmelpilzrisiko hinter der Dampfbremse



Auswahl Substratklasse:
Natronkraftpapier entspricht aufgrund der verwertbaren organischen Bestandteile der Substratklasse I

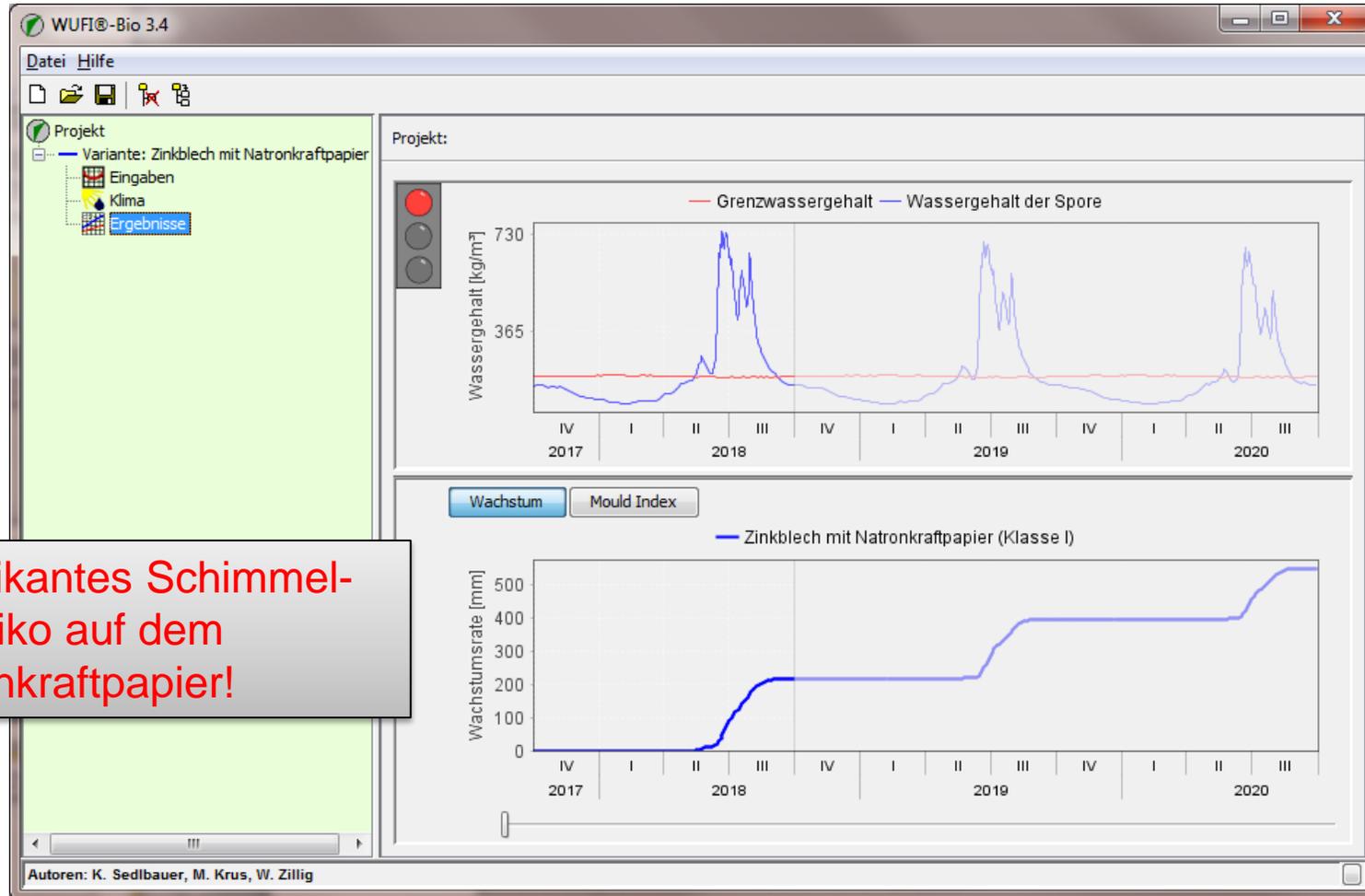
3. Beispiel A - Einstellungen WUFI® Bio

Auswertung: Schimmelpilzrisiko hinter der Dampfbremse



3. Beispiel A - Auswertung WUFI® Bio

Auswertung: Schimmelpilzrisiko hinter der Dampfbremse



3. Beispiel B - Konstruktionsaufbau

Aufbau (von außen nach innen):

- Zinkblecheindeckung ($s_d = 50 \text{ m}$)
- Holzschalung (Weichholz) 0,02 m
- Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK) 0,14 m
- PA-Folie (feuchtevariabel) 0,001 m

3. Beispiel B - Außen- und Innenklima

Randbedingungen:

- Steildach (50° nach Norden geneigt)
- Zinkblecheindeckung
($a = 0,6$; $\varepsilon = 0,4$)
- Außenklima: Holzkirchen
- Innenklima: EN 15026 mit normaler Feuchtelast
- Luftdichtheit der Gebäudehülle: $q_{50} = 3 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$
- Höhe der Luftsäule: 5 m
- Anfangsfeuchte in der Holzschalung: 25 M.-%

3. Beispiel B - Austausch der Dampfbrremse

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

**Variante 2:
PA-Folie**

WUFI® Pro 6.1
Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Variante: Zinkblech mit PA-Folie

Aufbau/Monitorpositionen | Orientierung/Neigung/Höhe | Oberflächenübergangskoeff. | Anfangsbedingungen

Schichtname: PA-Folie
Dicke [m]: 0,001

Außen (linke Seite): 0,02 | 0,14 | Innen (rechte Seite): 0,001

Zuordnung aus Datenbanken:
Materialdatenbank
Konstruktionsdatenbank

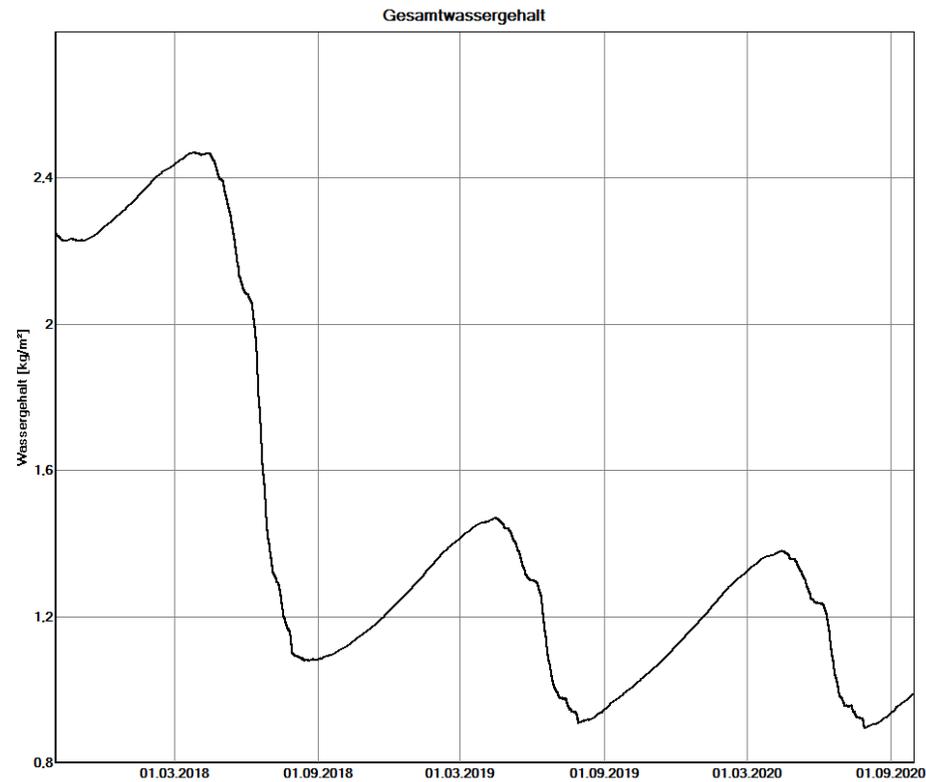
Gitteraufbau:
Automatisch (II)
100 | Fein
Aut. Unterteilung in Manuelle kopieren

Gesamtdicke: Dicke: 0.161 m
Wärmeschutzigenschaften: Wärmedurchlasswiderstand: 3.69 m²K/W | U-Wert: 0.259 W/m²K

Einheiten: SI | Letzte Rechnung: 13.07.2017

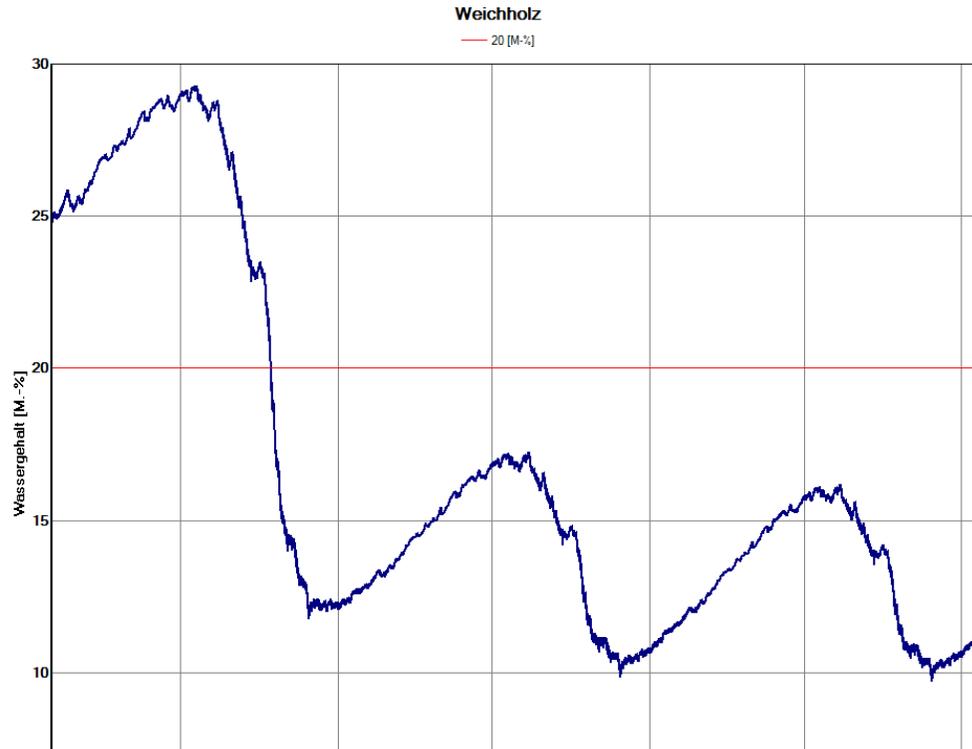
3. Beispiel B - Auswertung Gesamtwassergehalt

Auswertung: Gesamtwassergehalt



3. Beispiel B - Auswertung Holzfeuchte in der Schalung

Auswertung: Holzfeuchte in der Holzschalung – nach DIN 68800



Der Wassergehalt in der Schalung bleibt nach der Umverteilung der Feuchte im ersten Jahr unter dem Grenzwert von 20 M.-%!

3. Beispiel B - Einstellungen WUFI® Bio

Auswertung: Schimmelpilzrisiko hinter der Dampfbremse

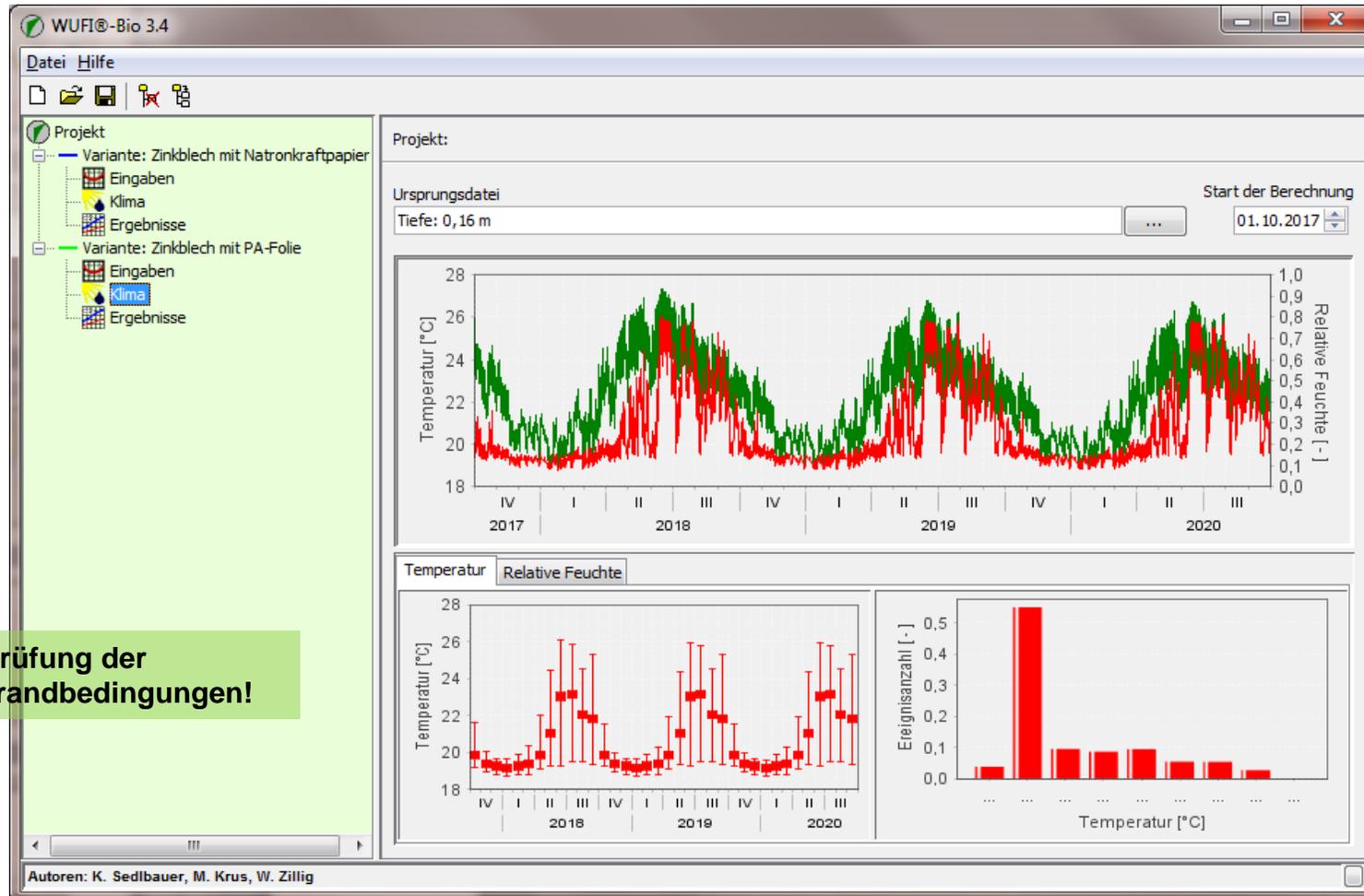
The screenshot shows the WUFI-Bio 3.4 software interface. On the left, a project tree shows two variants: 'Zinkblech mit Natronkraftpapier' and 'Zinkblech mit PA-Folie'. The 'Zinkblech mit PA-Folie' variant is selected, and its 'Eingaben' (Inputs) folder is highlighted. The main window displays the 'Projekt:' settings. The 'Anfängliche rel. Feuchte in Spore [-]' is set to 0,5. Under 'Substratklasse', 'Klasse II' is selected. Below this, a graph plots 'Relative Feuchte [-]' (0.0 to 1.0) against 'Temperatur [°C]' (0 to 60). The curve shows a minimum relative humidity of approximately 0.8 at 30°C. To the right, the 'Feuchtespeicherfunktion Spore' is selected, showing 'Diffusionswiderstand Sporenwand' and 'Wachstum über Index'. Below this, a 'Diagramm' tab shows a graph of 'Wassergehalt [kg/m³]' (0 to 900) against 'Relative Feuchte [-]' (0.0 to 1.0). The curve shows a sharp increase in water content as relative humidity approaches 1.0. At the bottom, the authors are listed as 'Autoren: K. Sedlbauer, M. Krus, W. Zillig'.

Auswahl Substratklasse:

Die PA-Folie ist als nicht biologisch verwertbare Kunststoffolie der Substratklasse II zuzuordnen

3. Beispiel B - Einstellungen WUFI® Bio

Auswertung: Schimmelpilzrisiko hinter der Dampfbremse



3. Beispiel B - Auswertung WUFI® Bio

Auswertung: Schimmelpilzrisiko hinter der Dampfbremse

