

**WUFI®**

## **Beispielfälle in WUFI® Pro: Kiesdächer**

**Stand: Juli 2021**

Kiesdachdatensatz in der WUFI®-Materialdatenbank..... [Folie 3](#)

Bekieste Leichtbaukonstruktionen..... [Folie 4](#)

|  | ohne Überdämmung         | mit Überdämmung          |
|--|--------------------------|--------------------------|
| – Konstruktionsaufbau .....                    | <a href="#">Folie 5</a>  | <a href="#">Folie 30</a> |
| – Randbedingungen.....                         | <a href="#">Folie 6</a>  | <a href="#">Folie 31</a> |
| – Bauteilaufbau und Gittereinstellung.....     | <a href="#">Folie 7</a>  | <a href="#">Folie 32</a> |
| – Feuchtequelle im Kies (Regen).....           | <a href="#">Folie 11</a> | <a href="#">Folie 36</a> |
| – Infiltrationsquelle (Luftdichtheit).....     | <a href="#">Folie 13</a> | <a href="#">Folie 38</a> |
| – Orientierung / Neigung.....                  | <a href="#">Folie 15</a> | <a href="#">Folie 40</a> |
| – Oberflächenübergangskoeffizient.....         | <a href="#">Folie 16</a> | <a href="#">Folie 41</a> |
| – Anfangsbedingungen.....                      | <a href="#">Folie 17</a> | <a href="#">Folie 42</a> |
| <br>   |                          |                          |
| – Berechnungszeit .....                        | <a href="#">Folie 18</a> | <a href="#">Folie 43</a> |
| – Numerische Einstellungen.....                | <a href="#">Folie 19</a> | <a href="#">Folie 44</a> |
| – Außenklima und Raumklima.....                | <a href="#">Folie 20</a> | <a href="#">Folie 45</a> |
| <br>   |                          |                          |
| – Auswertung: Rechenqualität.....              | <a href="#">Folie 22</a> | <a href="#">Folie 47</a> |
| – Auswertung: Gesamtwassergehalt.....          | <a href="#">Folie 23</a> | <a href="#">Folie 48</a> |
| – Auswertung: Holzschalung.....                | <a href="#">Folie 24</a> | <a href="#">Folie 49</a> |
| – Auswertung: Holzfeuchte mit WUFI® Graph..... | <a href="#">Folie 25</a> |                          |

## „Generischer Kies“

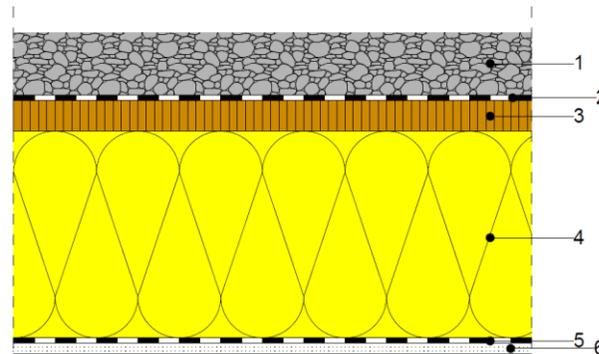
Die Ermittlung der hygrothermischen Materialeigenschaften für die Kiesschicht basiert auf Nachrechnungen von Untersuchungen und Messungen an bekiesten Dächern in Holzkirchen, Gräfelfing und Mailand.

In der Kiesschicht findet in den Poren zwischen den einzelnen Steinen kein Kapillartransport statt. Das bei Beregnung mit der Schwerkraft durch die Kiesschicht fließende Wasser wird über eine Feuchtequelle in das Material eingebracht. Die Feuchtequelle wird über die gesamte Schichtdicke mit Ausnahme des äußersten Elements angesetzt. Eine Feuchtequelle im äußersten Element kann zu numerischen Problemen und Bilanzproblemen führen, am Ergebnis ändert sich ansonsten aber praktisch nichts.

# Bekieste Leichtbaukonstruktionen

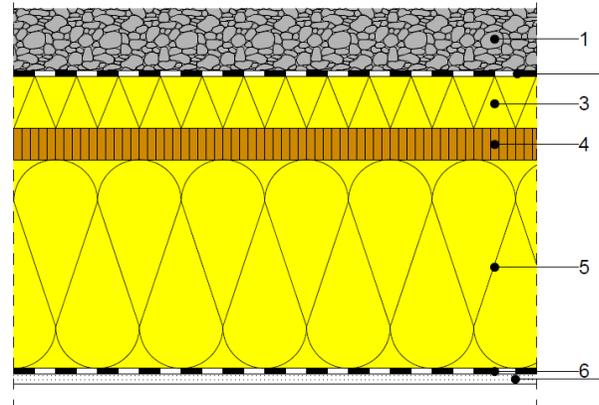
Anhand von zwei Beispielfällen wird im Folgenden die Vorgehensweise bei der Beurteilung von bekiesten Leichtbaukonstruktionen beschrieben. Es werden die anzusetzenden Materialdaten, die Feuchtequellen und Randbedingungen sowie das Vorgehen bei der Bewertung der Konstruktionen erläutert.

Beispiel A:  
Bekieste  
Leichtbaukonstruktion  
ohne Überdämmung



- 1 Kies
- 2 Dachbahn ( $s_d = 300 \text{ m}$ )
- 3 Holzschalung
- 4 Mineralfaserdämmung
- 5 feuchtevariable Dampfbremse
- 6 Gipskartonplatte

Beispiel B:  
Bekieste  
Leichtbaukonstruktion  
mit Überdämmung



- 1 Kies
- 2 Dachbahn ( $s_d = 300 \text{ m}$ )
- 3 EPS-Dämmung
- 4 Holzschalung
- 5 Mineralfaserdämmung
- 6 feuchtevariable Dampfbremse
- 7 Gipskartonplatte

## Beispiel A: Konstruktionsaufbau

---

### Aufbau (von außen nach innen):

- Generischer Kies 0,06 m
- Dampfbremse ( $s_d = 300\text{m}$ ) 0,001 m
- Holzschalung (Weichholz) 0,025 m
- Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK) 0,24 m
- feuchtevariable Dampfbremse (Vario KM Duplex) 0,001 m
- Gipskartonplatte 0,0125 m

### Randbedingungen:

- Flachdach (3° nach Norden geneigt)
- kurzwellige Strahlungsabsorptions- / langwellige Strahlungsemissionszahl:  
entsprechend dem generischen Kiesdachmodell
- Außenklima: Holzkirchen
- Innenklima: normale Feuchtelast + 5 % nach DIN 4108-3
- Luftdichtheit der Gebäudehülle:  $q_{50} = 3 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$
- Höhe der Luftsäule: 5 m

# Beispiel A: Bauteilaufbau

## Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung
  - Bauteil
    - Aufbau/Monitorpositionen**
    - ✓ Orientierung
    - ✓ Oberflächenübergangskoeff.
    - ✓ Anfangsbedingungen
  - Steuerung
  - Klima

Variante: Kiesdach ohne Überdämmung

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

Schichtname  Dicke [m]

Schicht1

Außen (linke Seite) Innen (rechte Seite)

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

Wärmeschutzigenschaften

Dicke: --- Wärmedurchlasswiderstand: --- U-Wert: ---

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

**Kiesdachaufbau eingeben**

# Beispiel A: Bauteilaufbau

## Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

The screenshot shows the WUFI Materials software interface. On the left is a tree view of material sources, with 'Grün- und Kiesdächer' selected. The main window displays a table of materials with the following data:

| Materialname   | Rohdichte [kg/m³] | Porosität [m³/m³] | Wärmekap. [J/koK] | Wärmeleit. [W/mK] | Diff. Wid. [-] |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Generischer Kies                                     | 1400              | 0,3               | 1000              | 0,7               | 1              |
| Generisches Substrat                                 | 1500              | 0,5               | 1500              | 0,9               | 5              |
| Optigrün Leichtdach 1 (Schutzvlies) 3/3              | 83                | 0,95              | 840               | 0,035             | 1              |
| Optigrün Leichtdach 1 (Sedum-Bepflanzung) 1/3        | 1500              | 0,5               | 1000              | 0,2               | 5              |
| Optigrün Leichtdach 1 (Substrat Typ L inkl. FKD) 2/3 | 405               | 0,82              | 1000              | 0,4               | 3              |
| Optigrün Naturdach 1 (Festkörperdränage) 4/5         | 60                | 0,95              | 850               | 0,3               | 1,3            |
| Optigrün Naturdach 1 (Filtermatte) 3/5               | 83                | 0,95              | 840               | 0,035             | 1              |
| Optigrün Naturdach 1 (Gesp. Bepflanzung) 1/5         | 1500              | 0,5               | 1000              | 0,2               | 5              |

Below the table, the 'Materialinformationen' tab is active for 'Kies (Dicke <= 15 cm)'. It contains the following text:

WICHTIG: Eingabe einer Feuchtequelle ("Anteil des Schlagregens") in die gesamte Schicht mit Ausnahme des äußersten Elements (numerisch günstiger) mit 40% des Niederschlags begrenzt auf die freie Wassersättigung.

Die Anpassung der hygrothermischen Materialeigenschaften basiert auf Nachrechnungen von Untersuchungen und Messungen an bekieseten Dächern in Holzkirchen, Gräfelfing und Mailand.

On the right side of the details panel, there are input fields: 'In DB eingefügt: 24.07.2013' and 'Letzte Aktualisierung: ---'. At the bottom, there are buttons for 'Einlesen', 'Exportieren', and a dropdown for 'Dicke [m]: 0,05', along with 'Verwenden', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons.

**Generischer Kies aus Materialdatenbank**

# Beispiel A: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung

Aufbau/Monitorpositionen Orientierung/Neigung/Höhe Oberflächenübergangskoeff. Anfangsbedingungen

Schichtname

Gipskartonplatte

Dicke [m] 0,0125

Außen (linke Seite) 0,06 0,010,025 0,24 Innen (rechte Seite) 0,0,0125

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: 0,339 m

Wärmeschutzigenschaften

Wärmedurchlasswiderstand: 6,38 (m<sup>2</sup> K)/W

U-Wert 0,152 W/(m<sup>2</sup> K)

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

**Unterkonstruktion eingeben**

**Ggf. Schichtdicken anpassen**

# Beispiel A: Gittereinstellung

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung

Bauteil

- ✓ Aufbau/Monitorpositionen
- ✓ Orientierung
- ✓ Oberflächenübergangskoeff.
- ✓ Anfangsbedingungen

Steuerung

Klima

Variante: Kiesdach ohne Überdämmung

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

Schichtname: Gipskartonplatte Dicke [m]: 0,0125

Außen (linke Seite): 0,06 0,0/0,025 0,24 Innen (rechte Seite): 0,0,0125

Materialdaten

Quellen, Senken

Neue Schicht

Duplizieren

Löschen

Bearbeiten Aufbau

Bild

Tabelle

Zuordnung aus Datenbanken

Materialdatenbank

Konstruktionsdatenbank

Gitteraufbau: Automatisch (II) 200 Benutzerdefiniert

Aut. Unterteilung in Manuelle kopieren

Gesamtdicke: Dicke: 0.339 m

Wärmschutzeigenschaften: Wärmedurchlasswiderstand: 6,38 (m² K)/W U-Wert: 0,152 W/(m² K)

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

**Feineres Gitter einstellen**

**Empfehlung bei Grün- und Kiesdächern: Automatisch (II) mit 200 Elementen (Benutzerdefiniert)**

# Beispiel A: Feuchtequelle im Kies

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle in die Schicht „Generischer Kies“ einfügen.

The screenshot displays the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window shows a cross-section of a building assembly with a yellow layer labeled 'Generischer Kies'. A green box highlights this layer with the text 'Bauteilschicht markieren'. To the right, a green box contains the text 'Quellen und Senken'. Below the main window, a dialog box titled 'Hygrothermische Quellen' is open, showing the 'Generischer Kies' layer selected. A green box highlights the 'Neue Feuchtequelle...' button in the dialog. The dialog also shows a table for 'Hygrothermische Quellen' with columns for 'Nr.', 'Typ', and 'Bezeichnung'. At the bottom of the dialog are buttons for 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe'.

**Quellen und Senken**

**Bauteilschicht markieren**

**Neue Feuchtequelle**

Hygrothermische Quellen

Schicht/Materialname: Generischer Kies

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

OK Abbrechen Hilfe

# Beispiel A: Feuchtequelle im Kies

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle in gesamte Schicht „Generischer Kies“ mit Ausnahme des äußeren Gitterelements.

## Hinweis:

Ein Ansetzen der Feuchtequelle im äußersten Element kann zu numerischen Problemen und Bilanzunterschieden führen.

Feuchtequelle

Bezeichnung Feuchtequelle im Kies

Verteilungsbereich

Ein Element

Mehrere Elemente

Ganze Schicht

Starttiefe in Schicht [m] 0,003

Endtiefe in Schicht [m] 0,06

Quellentyp

instationär aus Datei

Anteil der Regenbelastung

Luftinfiltrationsmodell IBP

konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m<sup>3</sup>]

keine Begrenzung

Begrenzung auf max. Wassergehalt

Begrenzung auf freie Wassersättigung

Benutzerdefiniert

Anteil [%] 40 Benutzerdefiniert

OK Abbrechen Hilfe

**Gesamte Kiesschicht mit Ausnahme des äußeren Gitterelements**

**Anteil des Schlagregens eingeben**

# Beispiel A: Infiltrationsquelle

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Infiltrationsquelle nach DIN 68800 in der Holzschalung berücksichtigen.

The screenshot displays the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window shows a cross-section of a building component (Variant: Kiesdach ohne Überdämmung) with a yellow layer highlighted. A green box labeled "Bauteilschicht markieren" points to this layer. A green box labeled "Quellen und Senken" points to the "Quellen, Senken" button in the layer's context menu. A dialog box titled "Hygrothermische Quellen" is open, showing the "Weichholz" layer selected. A green box labeled "Neue Feuchtequelle" points to the "Neue Feuchtequelle..." button in the dialog. The dialog also shows a table for "Hygrothermische Quellen" with columns for "Nr.", "Typ", and "Bezeichnung".

**Quellen und Senken**

**Bauteilschicht markieren**

**Neue Feuchtequelle**

Hygrothermische Quellen

Schicht/Materialname: Weichholz

Hygrothermische Quellen

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

Buttons: Neue Wärmequelle ..., Neue Feuchtequelle..., Neue Luftwechselquelle ..., Bearbeiten..., Löschen

Buttons: OK, Abbrechen, Hilfe

# Beispiel A: Infiltrationsquelle

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

Starttiefe in Schicht [m] 0,02

Endtiefe in Schicht [m] 0,025

Quellentyp

instationär aus Datei

Anteil der Regenbelastung

Luftinfiltrationsmodell IBP

konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

keine Begrenzung

Begrenzung auf max. Wassergehalt

Begrenzung auf freie Wassersättigung

Benutzerdefiniert

Durchströmung der Hülle  $q_{50}$  [m³/(m² h)]

3 Luftdichtigkeitsklasse B (DIN 4108 mit Prüfung  $\leq 3$  m³/m³)

Höhe der Luftsäule [m] 5

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa] 0

**Infiltrationsquelle anpassen**

OK Abbrechen Hilfe

# Beispiel A: Orientierung / Neigung

## Eingabe: Bauteil - Orientierung

The screenshot shows the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window title is "WUFI Pro 6.5". The menu bar includes "Projekt", "Eingaben", "Rechnen", "Ausgabe", "Einstellungen", "Datenbank", "Ergebnisanalyse", and "?". The toolbar contains various icons for file operations and simulation control. The left sidebar shows a project tree with "Projekt" expanded to "Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung". Under "Bauteil", the following items are listed: "Aufbau/Monitorpositionen" (checked), "Orientierung" (checked and highlighted in blue), "Oberflächenübergangskoeff." (checked), "Anfangsbedingungen" (checked), "Steuerung", and "Klima". The main workspace is titled "Variante: Kiesdach ohne Überdämmung" and has four tabs: "Aufbau/Monitorpositionen", "Orientierung/Neigung/Höhe" (selected), "Oberflächenübergangskoeff.", and "Anfangsbedingungen". The "Orientierung/Neigung/Höhe" tab contains two sub-panels: "Orientierung" and "Neigung". The "Orientierung" panel shows a compass rose with a red arrow pointing North (N) and a brown bar representing the roof orientation. Below the compass is a dropdown menu set to "Nord". The "Neigung" panel shows a 3D diagram of a roof slope with a yellow arrow indicating the angle. Below the diagram is a text input field "Neigung [°]" with the value "3". Below these panels is a section titled "Höhe/Schlagregenkoeffizienten" with a checkbox "Regenbelastung nach ASHRAE Standard 160" which is unchecked. Below this are two input fields: "R1 [-]" with the value "1" and "R2 [s/m]" with the value "0". A "Hinweis:" section contains the formula: "Regenbelastung = Regen\*(R1 + R2\*Vwind)". At the bottom of the window, the status bar shows "Einheiten: SI" and "Keine Rechenergebnisse vorhanden." A green callout box with the text "Orientierung und Neigung anpassen" is overlaid on the bottom right of the software window.

# Beispiel A: Oberflächenübergangskoeffizient

Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

The screenshot shows the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window is titled 'Variante: Kiesdach ohne Überdämmung'. The 'Oberflächenübergangskoeff.' tab is selected. The 'Außenoberfläche (linke Seite)' section is highlighted with a green box. The 'Wärmeübergangskoeffizient' is set to 19 W/m²K. The 'Strahlungsabsorption und -emission' section is highlighted with a blue box, showing 'Kiesdach, generisches Modell'. The 'Explizite Strahlungsbilanz' checkbox is checked and highlighted with a red box. The 'Regenwasserabsorption' is set to 1 and highlighted with a yellow box. The 'Innenoberfläche (rechte Seite)' section is visible at the bottom.

| Parameter                                | Value                               | Unit / Note          |
|--|-------------------------------------|----------------------|
| Wärmeübergangswiderstand                 | 0.0526                              | [m² K/W]             |
| beinhaltet langwellige Strahlungsanteile | 6.5                                 | [W/(m² K)]           |
| Windabhängig                             | <input type="checkbox"/>            |                      |
| sd-Wert                                  | ---                                 | Keine Beschichtung   |
| Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl    | 0.5                                 |                      |
| Langwellige Strahlungsemissionszahl      | 0.93                                |                      |
| Abminderungsfaktoren wegen Verschattung  | 1.0                                 | Keine Verschattung   |
| Explizite Strahlungsbilanz               | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Terrestr. kurzw. Reflexionsgrad          | 0.2                                 | Standardwert         |
| Anhaftender Anteil des Regens            | 1.0                                 | Gemäß Bauteilneigung |
| Innenoberfläche Wärmeübergangswiderstand | 0.125                               | (Dach)               |
| sd-Wert                                  | ---                                 | Keine Beschichtung   |

Wärmeübergangskoeffizient für Dach = 19 W/m²K

Strahlungsabsorption und -emission: Kiesdach, generisches Modell (aus Liste)

Explizite Strahlungsbilanz verwendet

Regenwasserabsorption = 1

Oberflächenübergangskoeffizienten anpassen!

# Beispiel A: Anfangsbedingungen

## Eingabe: Bauteil - Anfangsbedingungen

WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Varianten
  - Variante: 1 Kiesdach ohne Überd.
- Bauteil
  - Aufbau/Monitorpositionen
  - Orientierung
  - Oberflächenübergangskoeff.
  - Anfangsbedingungen
  - Steuerung
  - Klima

Variante: Kiesdach ohne Überdämmung

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

Anfangsfeuchte im Bauteil

- Über das Bauteil konstant
- In den einzelnen Schichten
- Aus Datei einlesen

Anfangstemperatur im Bauteil

- Über das Bauteil konstant
- Aus Datei einlesen

Relative Anfangsfeuchte [-]  Anfangstemperatur im Bauteil [°C]

Anfangswassergehalt in einzelnen Schichten

| Nr. | Material<br>Schicht                 | Dicke<br>[m] | Wasser-<br>gehalt<br>[kg/m³] |
|-----|-------------------------------------|--------------|------------------------------|
| 1   | Generischer Kies                    | 0.06         | 5.0                          |
| 2   | Dampfbremse (sd=300m)               | 0.001        | 0.0                          |
| 3   | Weichholz                           | 0.025        | 60.0                         |
| 4   | Mineralfaser (Wärmeleit: 0.04 W/mK) | 0.24         | 1.79                         |
| 5   | ISOVER Vario KM Duplex              | 0.001        | 3.5                          |
| 6   | Gipskartonplatte                    | 0.0125       | 6.3                          |

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

Keine Änderungen erforderlich

# Beispiel A: Berechnungszeit

Eingabe: Steuerung – Zeit / Profile

WUFI Pro 6.5

Projekt: Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt: Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung

Rechendauer / Profile: Numerik

| Start/Ende / Profile |          |            |          |
|----------------------|----------|------------|----------|
| Rechnung             | Profile  | Datum      | Stunde   |
| Start                | Profil 1 | 01.10.2021 | 00:00:00 |
| Ende                 | Profil 2 | 01.10.2031 | 00:00:00 |

Rechenzeitschritt [h]:

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

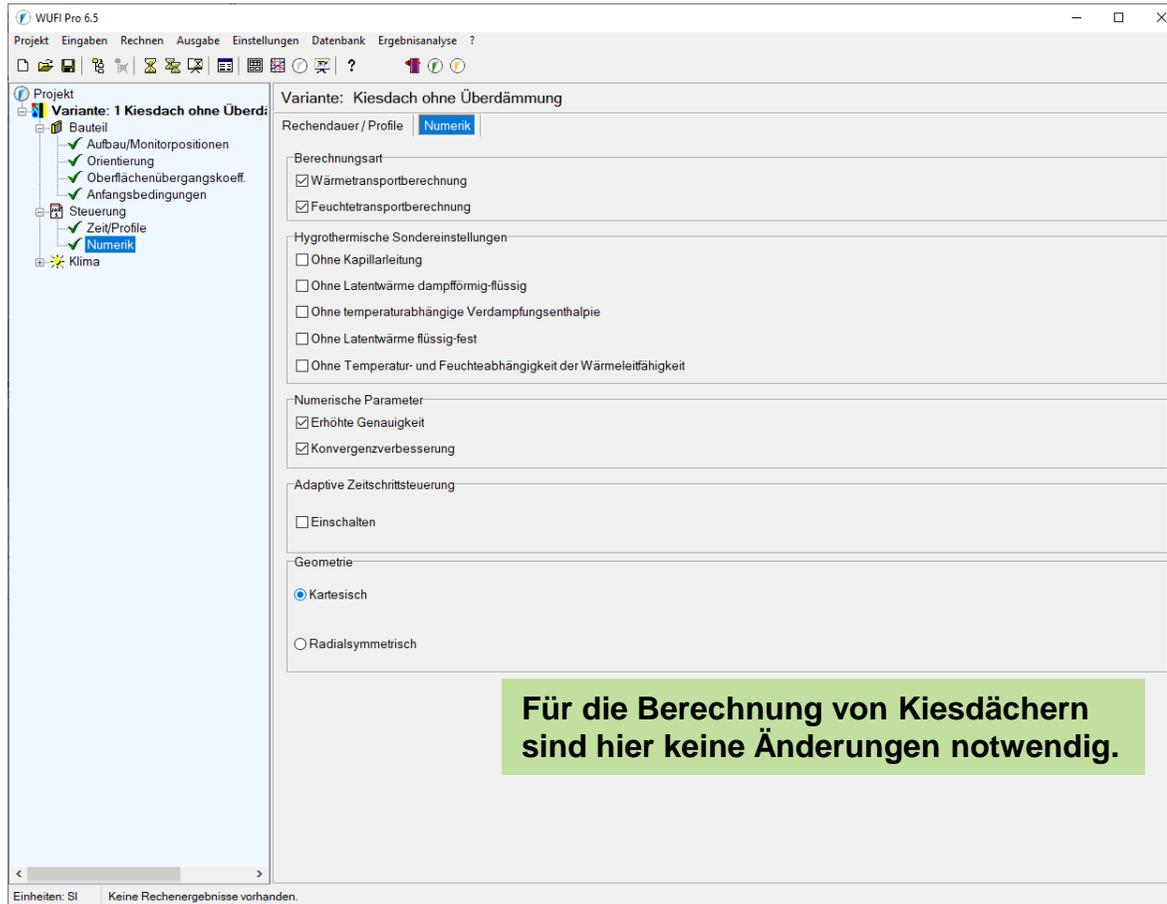
**Rechenzeitraum anpassen**

**Hinweis:**

**Kiesdächer erreichen häufig nur langsam den eingeschwungenen Zustand  
→ lange Rechenzeiträume notwendig**

# Beispiel A: Numerische Einstellungen

## Eingabe: Steuerung – Numerik



The screenshot displays the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window title is 'WUFI Pro 6.5'. The menu bar includes 'Projekt', 'Eingaben', 'Rechnen', 'Ausgabe', 'Einstellungen', 'Datenbank', and 'Ergebnisanalyse'. The left sidebar shows a project tree with 'Projekt' expanded, containing 'Bauteil' and 'Steuerung'. Under 'Steuerung', 'Numerik' is selected. The main panel shows the 'Variante: Kiesdach ohne Überdämmung' settings. The 'Rechendauer / Profile' tab is active, showing 'Numerik' as the selected profile. The settings are organized into several sections:

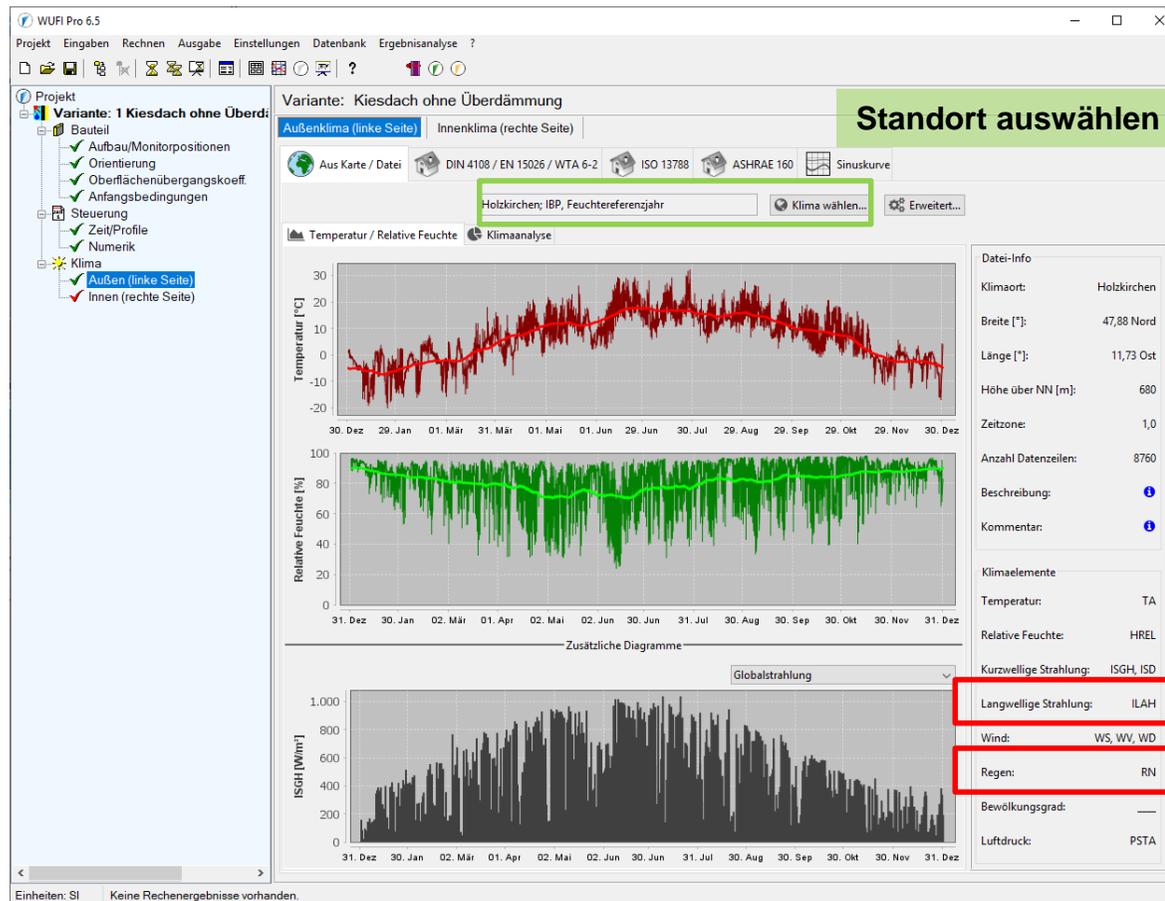
- Berechnungsart:**  Wärmetransportberechnung,  Feuchte-transportberechnung
- Hygrothermische Sondereinstellungen:**  Ohne Kapillarleitung,  Ohne Latentwärme dampfförmig-flüssig,  Ohne temperaturabhängige Verdampfungsenthalpie,  Ohne Latentwärme flüssig-fest,  Ohne Temperatur- und Feuchteabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit
- Numerische Parameter:**  Erhöhte Genauigkeit,  Konvergenzverbesserung
- Adaptive Zeitschrittsteuerung:**  Einschalten
- Geometrie:**  Kartesisch,  Radialsymmetrisch

A green text box at the bottom right of the interface contains the text: **Für die Berechnung von Kiesdächern sind hier keine Änderungen notwendig.**

At the bottom left, the status bar shows 'Einheiten: SI' and 'Keine Rechenergebnisse vorhanden.'.

# Beispiel A: Außenklima

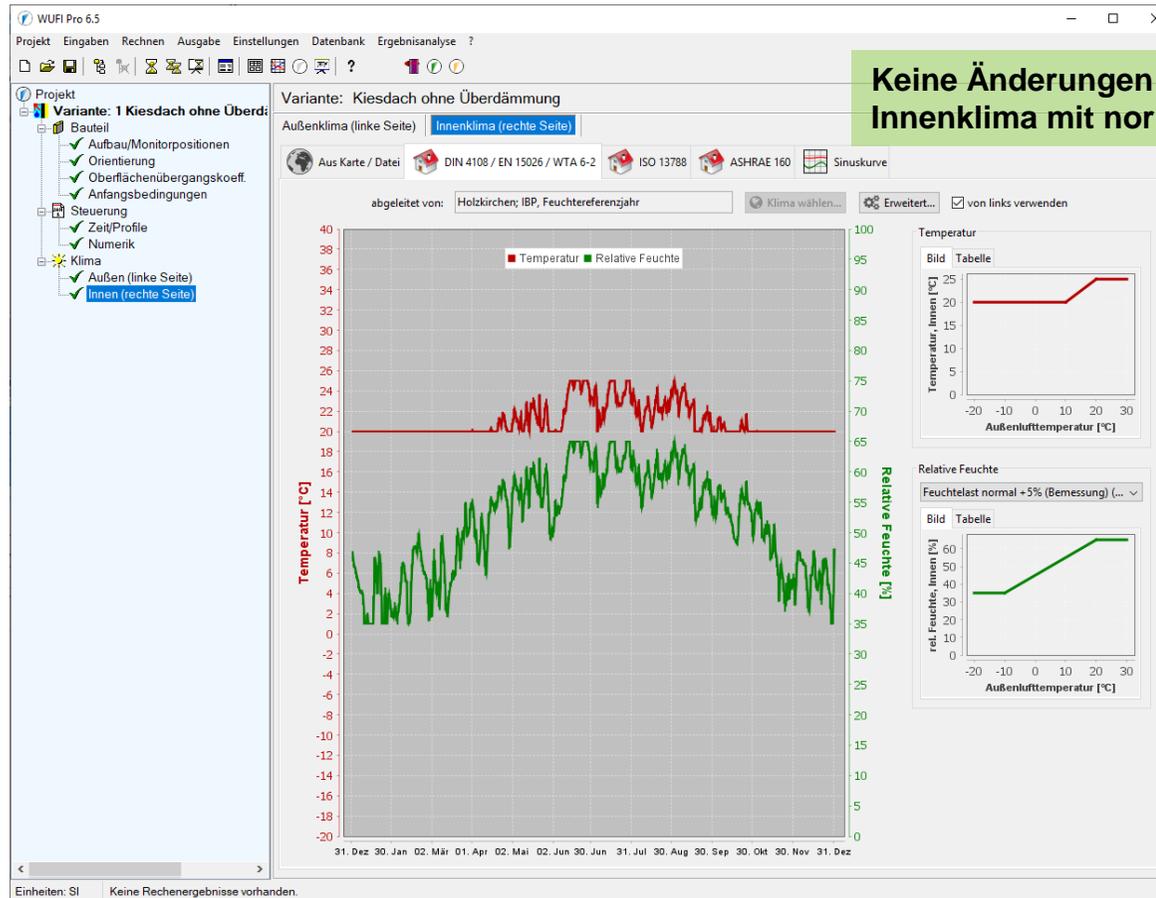
Eingabe: Klima – Außen (linke Seite)



**Hinweis:**  
Für die Anwendung  
des generischen  
Kiesdachmodells sind  
Standorte notwendig,  
die langwellige  
Strahlung und  
Regendaten enthalten!

# Beispiel A: Raumklima

Eingabe: Klima – Innen (rechte Seite)



**Keine Änderungen erforderlich für Innenklima mit normaler Feuchtelast + 5%**

# Beispiel A: Auswertung Rechenqualität

## Letzter Rechenlauf:

| Rechenverlauf               |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| Datum/Zeit der Rechnung     | 11.03.2021 10:42:59     |
| Rechenzeit                  | 7 min,49 sek            |
| Beginn / Ende der Rechnung  | 01.10.2021 / 01.10.2031 |
| Anzahl der Konvergenzfehler | 176                     |

| Numerische Qualitätsprüfung               |                      |              |
|---|----------------------|--------------|
| Integral der Ströme, linke Seite (kl,dl)  | [kg/m <sup>2</sup> ] | 0,0 -1112,88 |
| Integral der Ströme, rechte Seite (kr,dr) | [kg/m <sup>2</sup> ] | 3,5E-7 0,48  |
| Bilanz 1                                  | [kg/m <sup>2</sup> ] | 2,79         |
| Bilanz 2                                  | [kg/m <sup>2</sup> ] | 2,8          |

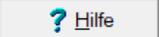
  

| Wassergehalt [kg/m <sup>2</sup> ] |       |      |      |      |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|
|                                   | Start | Ende | Min. | Max. |
| Gesamtwassergehalt                | 2,31  | 5,11 | 2,21 | 6,26 |

| Wassergehalt [kg/m <sup>2</sup> ] |       |      |      |      |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|
| Schicht/Material                  | Start | Ende | Min. | Max. |

Rechnung gesperrt

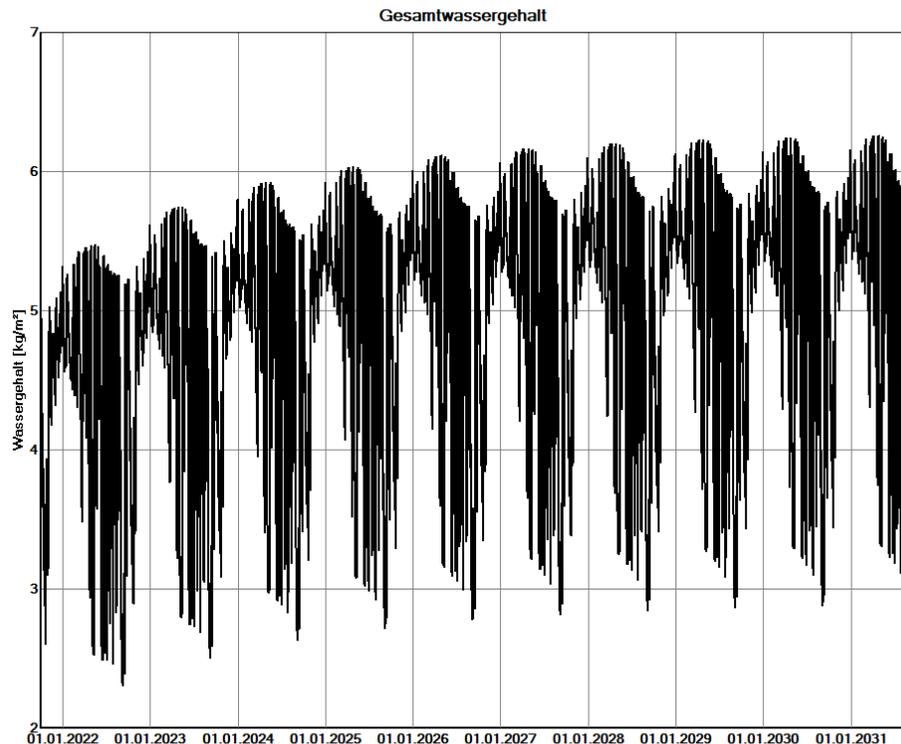
**Höhere Anzahl an Konvergenzfehler!**

→ Überprüfen, ob die Wassergehaltsverläufe in den Schichten der Unterkonstruktion Auffälligkeiten aufweisen!

Die beiden Bilanzen sind nahezu identisch!

# Beispiel A: Auswertung Gesamtwassergehalt

## Auswertung anhand der Schnellgrafiken: Gesamtwassergehalt



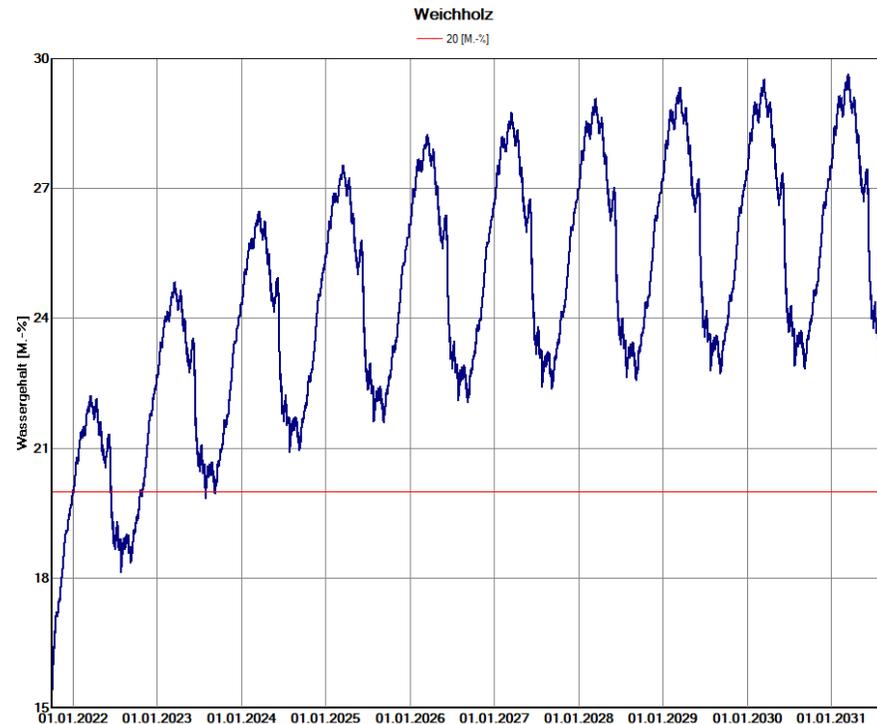
### Bewertung:

Der Gesamtwassergehalt bei Kiesdächern ist aufgrund der meist großen Feuchtemenge im Kies ggf. wenig aussagekräftig

→ Auswertung der einzelnen Schichten der Unterkonstruktion

# Beispiel A: Auswertung Holzschalung

## Auswertung anhand der Schnellgrafiken: Wassergehalt der Schalung



### Bewertung:

Der Wassergehalt in der Schalung steigt über den Berechnungszeitraum an und überschreitet den Grenzwert von 20 M.-% deutlich.

→ Auswertung der Holzfeuchte nach WTA

# Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung anhand WUFI® Graph:

Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8

**WUFI Graph öffnen**

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Variante: Kiesdach ohne Üb

**Bezeichnung der Variante**

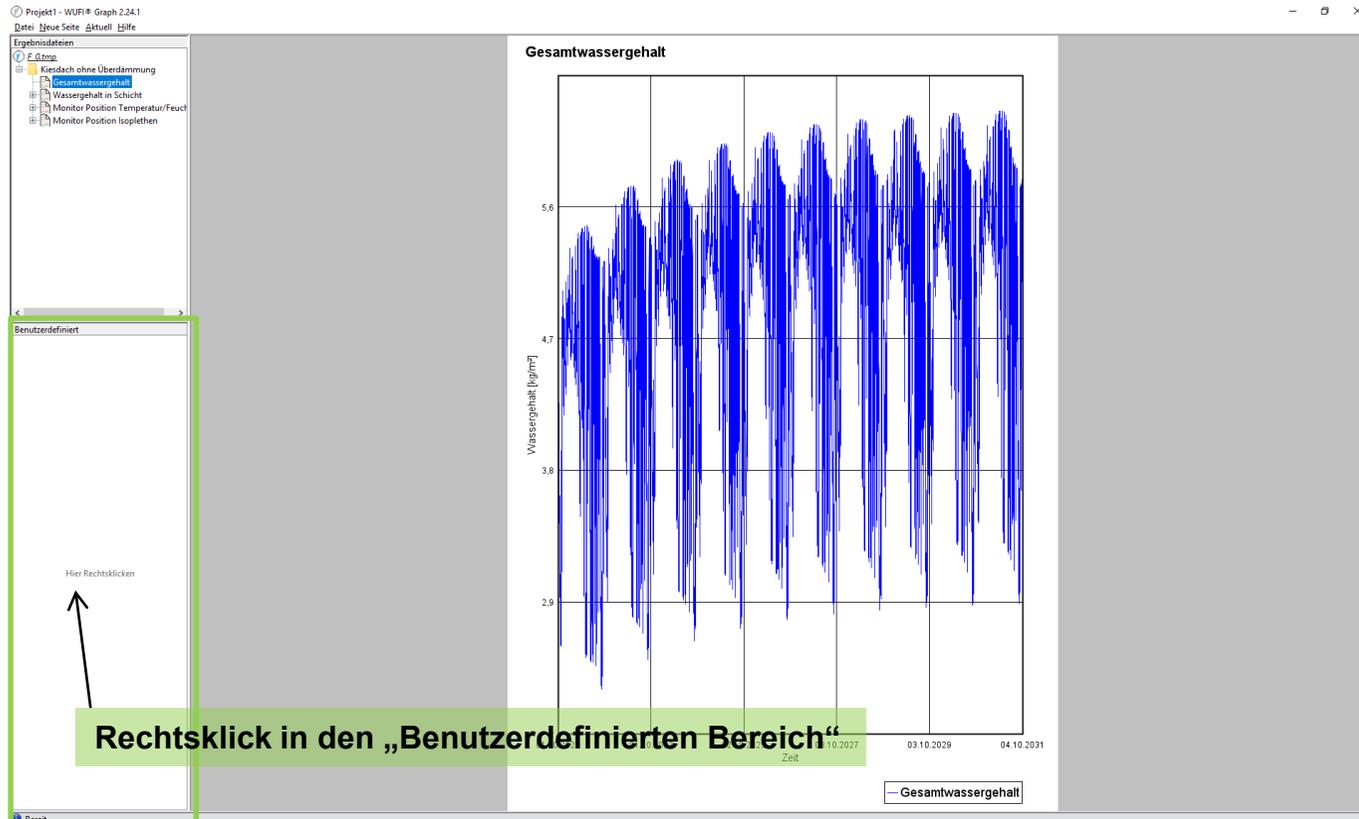
Kiesdach ohne Überdämmung

Kommentar

# Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung anhand WUFI® Graph:

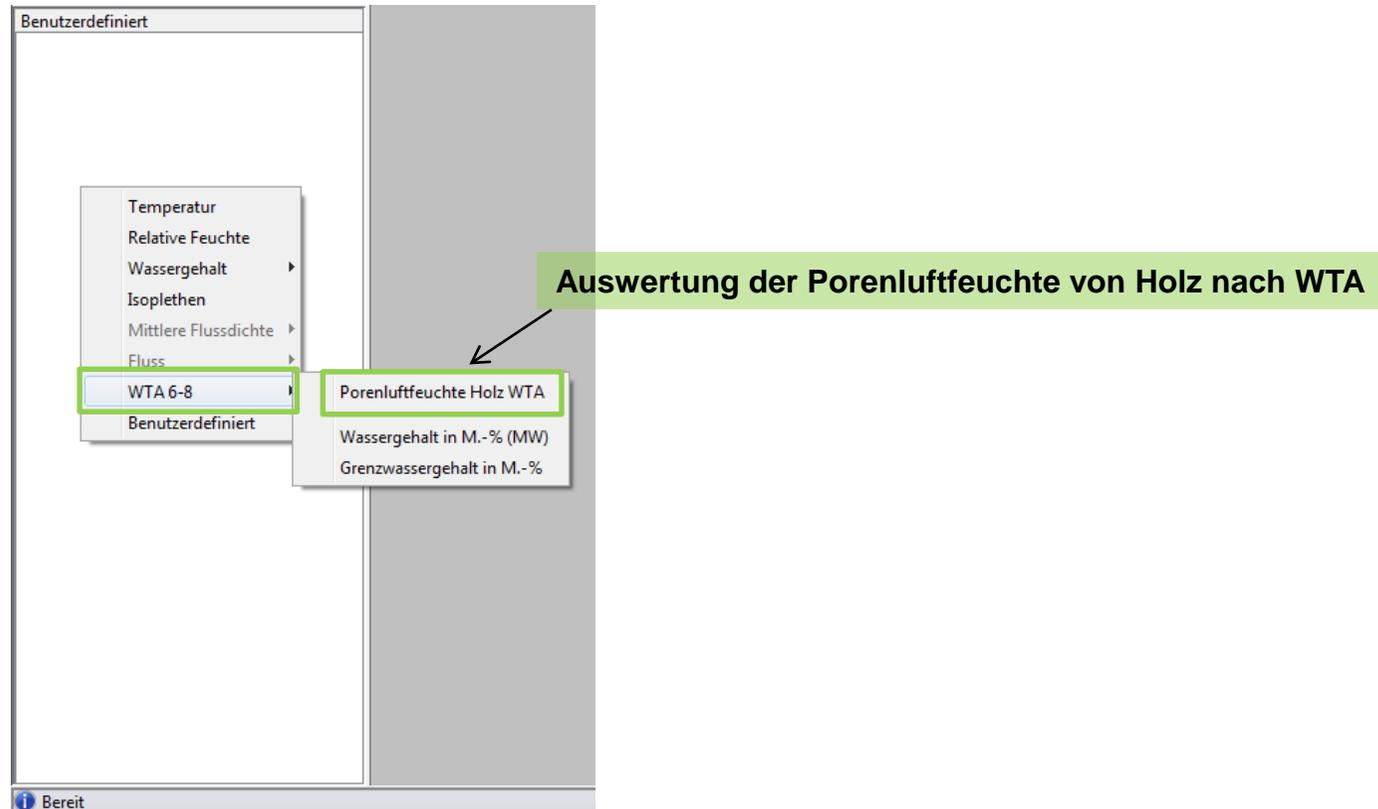
Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8



# Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung anhand WUFI® Graph:

Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8



# Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung anhand WUFI® Graph:

Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8

Auswertung erfolgt im kritischeren Zentimeter (im Zweifel beide Seiten betrachten)

**Bereichsauswahl / Einstellungen**

**Kritischen Zentimeter der Holzschalung wählen (außen)**

**Kritischen Zentimeter der Holzschalung wählen (innen)**

Modul: X-Y-Plot über Auswahl

Kombinierte Auswahl 10 mm

**Auswahlbereich von 1 cm entspr. WTA ist voreingestellt**

**Mit „OK“ bestätigen**

Werte

|                               |
|-------------------------------|
| Temperatur                    |
| Relative Feuchte              |
| Porenluftfeuchte Holz WTA 6-8 |
| Porenluftfeuchte Holz         |

Gitterelement 87 | Position 79,23 mm | Material Weichholz

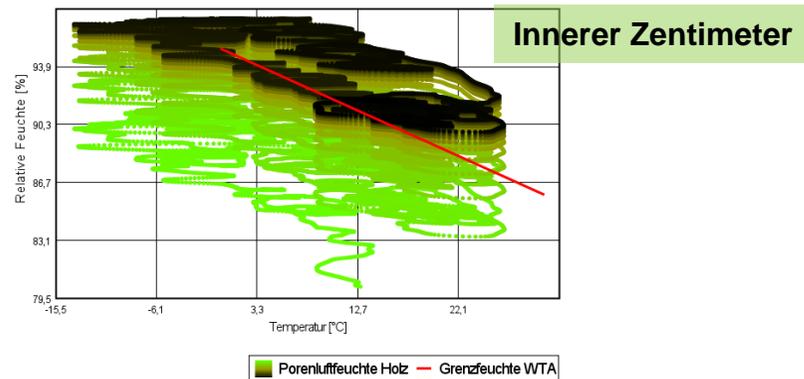
# Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

## Auswertung anhand WUFI® Graph:

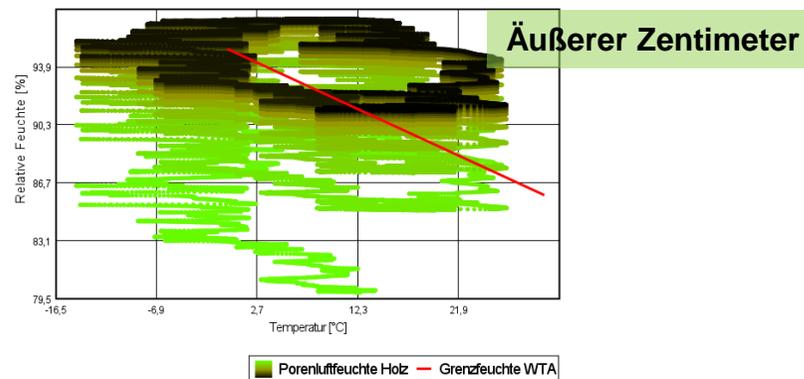
Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8

Auswertung erfolgt im kritischeren Zentimeter (im Zweifel beide Seiten betrachten)

Porenluftfeuchte Holz WTA 6-8



Porenluftfeuchte Holz WTA 6-8



### Bewertung:

Die relative Porenluftfeuchte im inneren und im äußeren Zentimeter der Schalung überschreitet die Grenzfeuchte nach WTA ebenfalls deutlich.

→ Nicht akzeptabel, da Risiko bzgl. einer Schädigung des Holzes

## Beispiel B: Konstruktionsaufbau

---

### Aufbau (von außen nach innen):

- Generischer Kies 0,06 m
- Dampfbremse ( $s_d = 300\text{m}$ ) 0,001 m
- EPS (Wärmeleit.: 0,04 W/mK - Dichte 30 kg/m<sup>3</sup>) 0,1 m
- Holzschalung (Weichholz) 0,025 m
- Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK) 0,24 m
- feuchtevariable Dampfbremse (Vario KM Duplex) 0,001 m
- Gipskartonplatte 0,0125 m

### Randbedingungen:

- Flachdach (3° nach Norden geneigt)
- kurzwellige Strahlungsabsorptions- / langwellige Strahlungsemissionszahl:  
entsprechend dem generischen Kiesdachmodell
- Außenklima: Holzkirchen
- Innenklima: normale Feuchtelast + 5 % nach DIN 4108-3
- Luftdichtheit der Gebäudehülle:  $q_{50} = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$
- Höhe der Luftsäule: 5 m

# Beispiel B: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

The screenshot shows the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window is titled 'WUFI Pro 6.5' and has a menu bar with 'Projekt', 'Eingaben', 'Rechnen', 'Ausgabe', 'Einstellungen', 'Datenbank', and 'Ergebnisanalyse'. The left sidebar shows a project tree with 'Projekt' expanded, containing 'Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung' and 'Variante: 2 Kiesdach mit Überdämmung'. Under 'Variante: 2', 'Bauteil' is expanded, showing 'Aufbau/Monitorpositionen' (checked), 'Orientierung' (checked), 'Oberflächenübergangskoeff.' (checked), 'Anfangsbedingungen' (checked), 'Steuerung', and 'Klima'. The main area is titled 'Variante: Kiesdach mit Überdämmung' and has several tabs: 'Aufbau/Monitorpositionen' (selected), 'Orientierung/Neigung/Höhe', 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. The 'Aufbau/Monitorpositionen' tab shows a table with columns 'Schichtname' and 'Dicke [m]'. The first row is 'Schicht1'. Below the table, there are buttons for 'Materialdaten', 'Quellen, Senken', 'Neue Schicht', 'Duplizieren', and 'Löschen'. There are also radio buttons for 'Bild' (selected) and 'Tabelle'. At the bottom, there are sections for 'Zuordnung aus Datenbanken' (with 'Materialdatenbank' selected), 'Gitteraufbau' (with 'Automatisch (II)' selected and '100' and 'Fein' options), and 'Wärmeschutzigenschaften' (with 'Gesamtdicke', 'Wärmedurchlasswiderstand', and 'U-Wert' fields).

Kiesdachaufbau eingeben

# Beispiel B: Bauteilaufbau

## Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

The screenshot shows the WUFI Materials software interface. On the left is a tree view of material sources, with 'Grün- und Kiesdächer' selected. The main area displays a table of materials with the following data:

| Materialname   | Rohdichte [kg/m³] | Porosität [m³/m³] | Wärmekap. [J/kaK] | Wärmeleit. [W/mK] | Diff. Wid. [-] |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Generischer Kies                                     | 1400              | 0,3               | 1000              | 0,7               | 1              |
| Generisches Substrat                                 | 1500              | 0,5               | 1500              | 0,9               | 5              |
| Optigrün Leichtdach 1 (Schutzvlies) 3/3              | 83                | 0,95              | 840               | 0,035             | 1              |
| Optigrün Leichtdach 1 (Sedum-Bepflanzung) 1/3        | 1500              | 0,5               | 1000              | 0,2               | 5              |
| Optigrün Leichtdach 1 (Substrat Typ L inkl. FKD) 2/3 | 405               | 0,82              | 1000              | 0,4               | 3              |
| Optigrün Naturdach 1 (Festkörperdränage) 4/5         | 60                | 0,95              | 850               | 0,3               | 1,3            |
| Optigrün Naturdach 1 (Filtermatte) 3/5               | 83                | 0,95              | 840               | 0,035             | 1              |
| Optigrün Naturdach 1 (Gras-Bepflanzung) 1/5          | 1500              | 0,5               | 1000              | 0,2               | 5              |

Below the table, the 'Materialinformationen' tab is active for 'Kies (Dicke <= 15 cm)'. It contains the following text:

WICHTIG: Eingabe einer Feuchtequelle ("Anteil des Schlagregens") in die gesamte Schicht mit Ausnahme des äußersten Elements (numerisch günstiger) mit 40% des Niederschlags begrenzt auf die freie Wassersättigung.

Die Anpassung der hygrothermischen Materialeigenschaften basiert auf Nachrechnungen von Untersuchungen und Messungen an bekiesten Dächern in Holzkirchen, Gräfelfing und Mailand.

On the right side of the information panel, there are two input fields: 'In DB eingefügt: 24.07.2013' and 'Letzte Aktualisierung: ---'. At the bottom, there are buttons for 'Einlesen', 'Exportieren', and a 'Dicke [m]: 0,05' dropdown menu with 'Verwenden', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons.

**Generischer Kies aus Materialdatenbank**

# Beispiel B: Bauteilaufbau

## Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung
- Variante: 2 **Kiesdach mit Überdämmung**
- Bauteil
  - Aufbau/Monitorpositionen
  - Orientierung
  - Oberflächenübergangskoeff.
  - Anfangsbedingungen
- Steuerung
- Klima

Variante: Kiesdach mit Überdämmung

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

Schichtname: Gipskartonplatte | Dicke [m]: 0,0125

Außen (linke Seite): 0,06 0,001 0,1 0,025 0,24 | Innen (rechte Seite): 0,0125

Zuordnung aus Datenbanken: Materialdatenbank, Konstruktionsdatenbank

Gitteraufbau: Automatisch (II), 100, Fein

Gesamtdicke: Dicke: 0,44 m | Wärmeschutzigenschaften: Wärmedurchlasswiderstand: 8,88 (m<sup>2</sup> K)/W, U-Wert: 0,11 W/(m<sup>2</sup> K)

Einheiten: SI | Projekt

**Unterkonstruktion eingeben**  
**Ggf. Schichtdicken anpassen**

# Beispiel B: Gittereinstellung

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung
- Variante: 2 **Kiesdach mit Überdämmung**

Bauteil

- Aufbau/Monitorpositionen
- Orientation
- Oberflächenübergangskoeff.
- Anfangsbedingungen
- Steuerung
- Klima

Variante: Kiesdach mit Überdämmung

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

Schichtname: Gipskartonplatte Dicke [m]: 0,0125

Außen (linke Seite): 0,06 0,001 0,1 0,025 0,24 Innen (rechte Seite): 0,0125

Zuordnung aus Datenbanken

- Materialdatenbank
- Konstruktionsdatenbank

Gitteraufbau

Automatisch (II) | Benutzerdefiniert

200

Aut. Unterteilung in Manuelle kopieren

Gesamtdicke: Dicke: 0,44 m

Wärmschutzeigenschaften

Wärmedurchlasswiderstand: 8,88 (m<sup>2</sup> K)/W

U-Wert: 0,11 W/(m<sup>2</sup> K)

Einheiten: SI Projekt

**Feineres Gitter einstellen**

**Empfehlung bei Grün- und Kiesdächern:  
Automatisch (II) mit 200 Elementen (Benutzerdefiniert)**

# Beispiel B: Feuchtequelle im Kies

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle in die Schicht „Generischer Kies“ einfügen.

The screenshot displays the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window shows a building assembly model with a yellow layer labeled 'Generischer Kies'. A green box highlights this layer with the text 'Bauteilschicht markieren'. To the right, a 'Quellen und Senken' (Sources and Sinks) dialog box is open, with a green box highlighting the 'Neue Feuchtequelle...' (New Moisture Source...) button. The dialog box contains the following information:

**Hygrothermische Quellen**

Schicht/Materialname: **Generischer Kies**

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

Buttons: **Neue Wärmequelle...**, **Neue Feuchtequelle...**, **Neue Luftwechselquelle...**, **Bearbeiten...**, **Löschen**

Buttons: **OK**, **Abbrechen**, **Hilfe**

## Beispiel B: Feuchtequelle im Kies

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle in gesamte Schicht „Generischer Kies“ mit Ausnahme des äußeren Gitterelements.

### Hinweis:

Ein Ansetzen der Feuchtequelle im äußersten Element kann zu numerischen Problemen und Bilanzunterschieden führen.

**Gesamte Kiesschicht mit Ausnahme des äußeren Gitterelements**

Feuchtequelle

Bezeichnung Feuchtequelle im Kies

Verteilungsbereich

Ein Element

Mehrere Elemente

Ganze Schicht

Starttiefe in Schicht [m] 0,003

Endtiefe in Schicht [m] 0,06

Quellentyp

instationär aus Datei

Anteil der Regenbelastung

Luftinfiltrationsmodell IBP

konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m<sup>3</sup>]

keine Begrenzung

Begrenzung auf max. Wassergehalt

Begrenzung auf freie Wassersättigung

Benutzerdefiniert

Anteil [%]

40 Benutzerdefiniert

**Anteil des Schlagregens eingeben**

OK Abbrechen Hilfe

# Beispiel B: Infiltrationsquelle

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Infiltrationsquelle nach DIN 68800 in der Holzschalung berücksichtigen.

The screenshot displays the WUFI Pro 6.5 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" (Mark component layer) overlaid. Another green box highlights the "Quellen und Senken" (Sources and Sinks) button in the right-hand panel, with the text "Quellen und Senken" overlaid. A dialog box titled "Hygrothermische Quellen" (Hygrothermal Sources) is open, showing a table of sources and buttons for adding new sources. The text "Neue Feuchtequelle" (New Moisture Source) is overlaid on the dialog box.

**Quellen und Senken**

**Bauteilschicht markieren**

**Neue Feuchtequelle**

**Hygrothermische Quellen**

| Nr. | Typ                 | Bezeichnung |
|-----|---------------------|-------------|
| 1   | Infiltrationsquelle |             |

Buttons: Neue Wärmequelle..., Neue Feuchtequelle..., Neue Luftwechselquelle..., Bearbeiten..., Löschen, OK, Abbrechen, Hilfe

## Beispiel B: Infiltrationsquelle

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

Starttiefe in Schicht [m]: 0,02  
Endtiefe in Schicht [m]: 0,025

Quellentyp:  
 instationär aus Datei  
 Anteil der Regenbelastung  
 Luftinfiltrationsmodell IBP  
 konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]:  
 keine Begrenzung  
 Begrenzung auf max. Wassergehalt  
 Begrenzung auf freie Wassersättigung  
 Benutzerdefiniert

Durchströmung der Hülle  $q_{50}$  [m³/(m² h)]: 3  
Luftdichtigkeitsklasse B (DIN 4108 mit Prüfung  $\leq 3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ )

Höhe der Luftsäule [m]: 5  
Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa]: 0

**Infiltrationsquelle anpassen**

OK Abbrechen Hilfe

# Beispiel B: Orientierung / Neigung

Eingabe: Bauteil - Orientierung

The screenshot shows the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window is titled 'WUFI Pro 6.5' and contains a menu bar (Projekt, Eingaben, Rechnen, Ausgabe, Einstellungen, Datenbank, Ergebnisanalyse, ?) and a toolbar. On the left, a project tree shows 'Projekt' with two variants: 'Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämm.' and 'Variante: 2 Kiesdach mit Überdämm.'. Under 'Bauteil', 'Orientierung' is selected and highlighted in blue. The main area is titled 'Variante: Kiesdach mit Überdämmung' and has four tabs: 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung/Neigung/Höhe' (active), 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. The 'Orientierung/Neigung/Höhe' tab contains two sub-sections: 'Orientierung' and 'Neigung'. The 'Orientierung' section features a compass rose with a red arrow pointing North (N) and a dropdown menu set to 'Nord'. The 'Neigung' section shows a 3D perspective view of a roof slope and a text input field for 'Neigung [°]' with the value '3'. Below these, the 'Höhe/Schlagregenkoeffizienten' section has a checkbox for 'Regenbelastung nach ASHRAE Standard 160' (unchecked) and input fields for 'R1 [-]' (value 1) and 'R2 [s/m]' (value 0). A note below reads: 'Hinweis: Regenbelastung = Regen\*(R1 + R2\*Vwind)'. At the bottom left, 'Einheiten: SI' and 'Projekt' are visible.

Orientierung und Neigung anpassen

# Beispiel B: Oberflächenübergangskoeffizient

Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung
- Variante: 2 **Kiesdach mit Überdämmung**

Bauteil

- Aufbau/Monitorpositionen
- Orientation
- Oberflächenübergangskoeff.**
- Anfangsbedingungen
- Steuerung
- Klima

Variante: Kiesdach mit Überdämmung

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

Außenoberfläche (linke Seite)

Wärmeübergangswiderstand [(m<sup>2</sup> K)/W] 0,0526 Dach

beinhaltet langwellige Strahlungsanteile [W/(m<sup>2</sup> K)] 6,5

Windabhängig

sd-Wert [m] ---- Keine Beschichtung  
Hinweis: Dieser Wert hat keinen Einfluss auf die Regenaufnahme

Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl [-] 0,5 Kiesdach, generisches Modell

Langwellige Strahlungsemissionszahl [-] 0,93

Abminderungsfaktoren wegen Verschattung:

auf Absorptionszahl [-] 1,0 Keine Verschattung

auf Emissionszahl [-] 1,0

Explizite Strahlungsbilanz  Hinweis: diese Option dient u.a. zur Berücksichtigung der Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahlung. In sensitiven Fällen sind hinreichend genaue Gegenstrahlungsdaten erforderlich.

Terrestr. kurzw. Reflexionsgrad [-] 0,2 Standardwert

Anhaftender Anteil des Regens [-] 1,0 Gemäß Bauteilneigung

Innenoberfläche (rechte Seite)

Wärmeübergangswiderstand [(m<sup>2</sup> K)/W] 0,125 (Dach)

sd-Wert [m] ---- Keine Beschichtung

Einheiten: SI Projekt

Wärmeübergangskoeffizient für Dach = 19 W/m<sup>2</sup>K

Strahlungsabsorption und -emission: Kiesdach, generisches Modell (aus Liste)

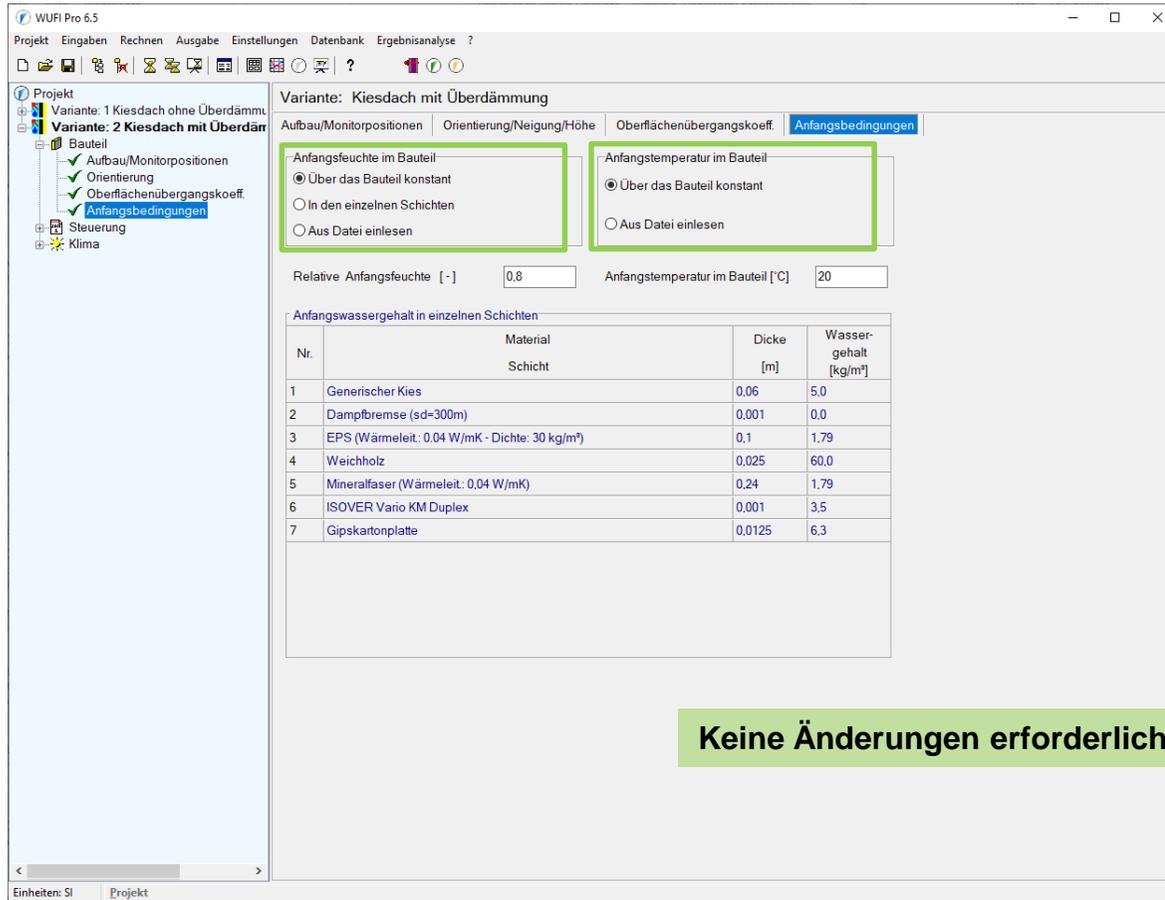
Explizite Strahlungsbilanz verwendet

Regenwasserabsorption = 1

Oberflächenübergangskoeffizienten anpassen!

# Beispiel B: Anfangsbedingungen

## Eingabe: Bauteil - Anfangsbedingungen



WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung
- Variante: 2 **Kiesdach mit Überdämmung**
- Bauteil
  - Aufbau/Monitorpositionen
  - Orientation
  - Oberflächenübergangskoeff.
  - Anfangsbedingungen**
  - Steuerung
  - Klima

Variante: Kiesdach mit Überdämmung

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

Anfangsfeuchte im Bauteil

- Über das Bauteil konstant
- In den einzelnen Schichten
- Aus Datei einlesen

Anfangstemperatur im Bauteil

- Über das Bauteil konstant
- Aus Datei einlesen

Relative Anfangsfeuchte [-]  Anfangstemperatur im Bauteil [°C]

Anfangswassergehalt in einzelnen Schichten

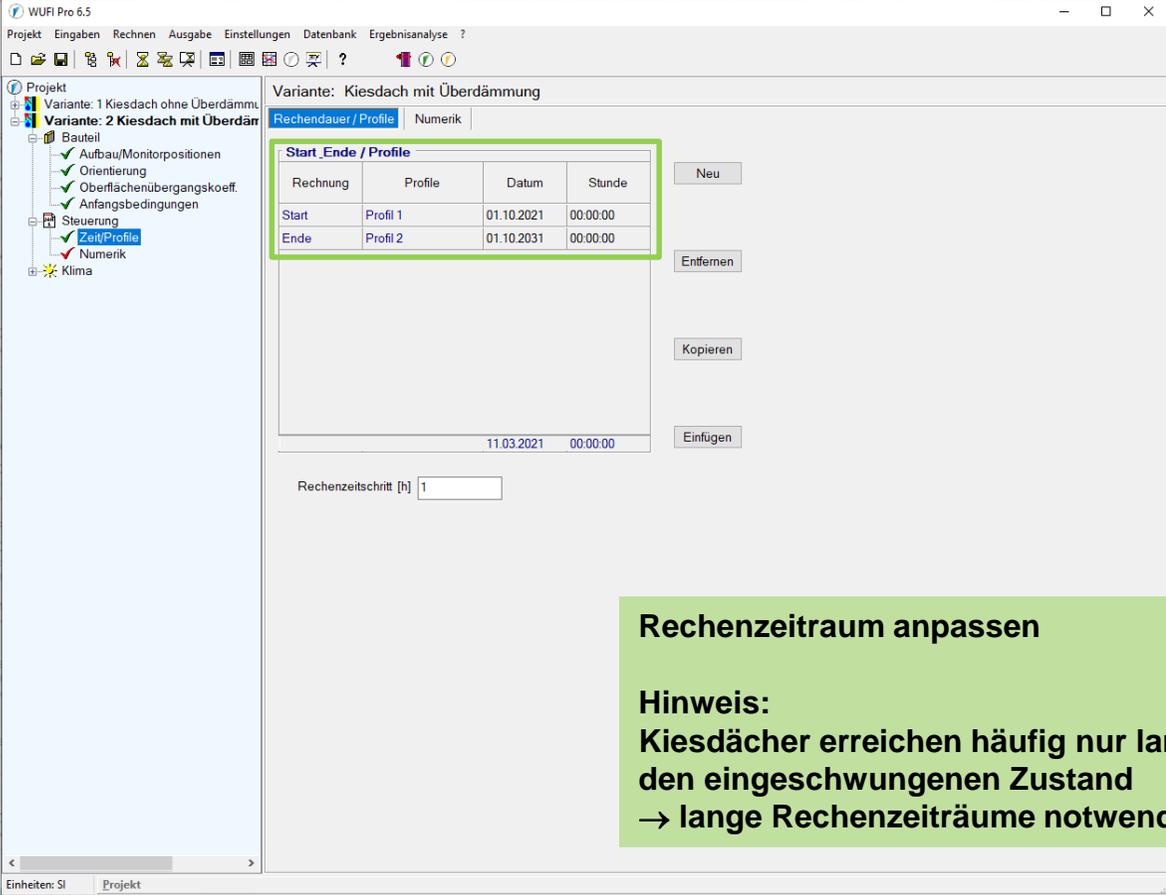
| Nr. | Material Schicht                               | Dicke [m] | Wassergehalt [kg/m³] |
|-----|--|-----------|----------------------|
| 1   | Generischer Kies                               | 0.06      | 5.0                  |
| 2   | Dampfbremse (sd=300m)                          | 0.001     | 0.0                  |
| 3   | EPS (Wärmeleit.: 0.04 W/mK - Dichte: 30 kg/m³) | 0.1       | 1.79                 |
| 4   | Weichholz                                      | 0.025     | 60.0                 |
| 5   | Mineralfaser (Wärmeleit.: 0.04 W/mK)           | 0.24      | 1.79                 |
| 6   | ISOVER Vario KM Duplex                         | 0.001     | 3.5                  |
| 7   | Gipskartonplatte                               | 0.0125    | 6.3                  |

Einheiten: SI Projekt

**Keine Änderungen erforderlich**

# Beispiel B: Berechnungszeit

Eingabe: Steuerung – Zeit / Profile



WUFI Pro 6.5

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung
- Variante: 2 **Kiesdach mit Überdämmung**

Bauteil

- ✓ Aufbau/Monitorpositionen
- ✓ Orientierung
- ✓ Oberflächenübergangskoeff.
- ✓ Anfangsbedingungen

Steuerung

- ✓ **Zeit/Profile**
- ✓ Numerik

Klima

Variante: Kiesdach mit Überdämmung

Rechendauer / Profile Numerik

| Start/Ende / Profile |          |            |          |
|----------------------|----------|------------|----------|
| Rechnung             | Profile  | Datum      | Stunde   |
| Start                | Profil 1 | 01.10.2021 | 00:00:00 |
| Ende                 | Profil 2 | 01.10.2031 | 00:00:00 |

Neu

Entfernen

Kopieren

Einfügen

11.03.2021 00:00:00

Rechenzeitschritt [h]

Einheiten: SI Projekt

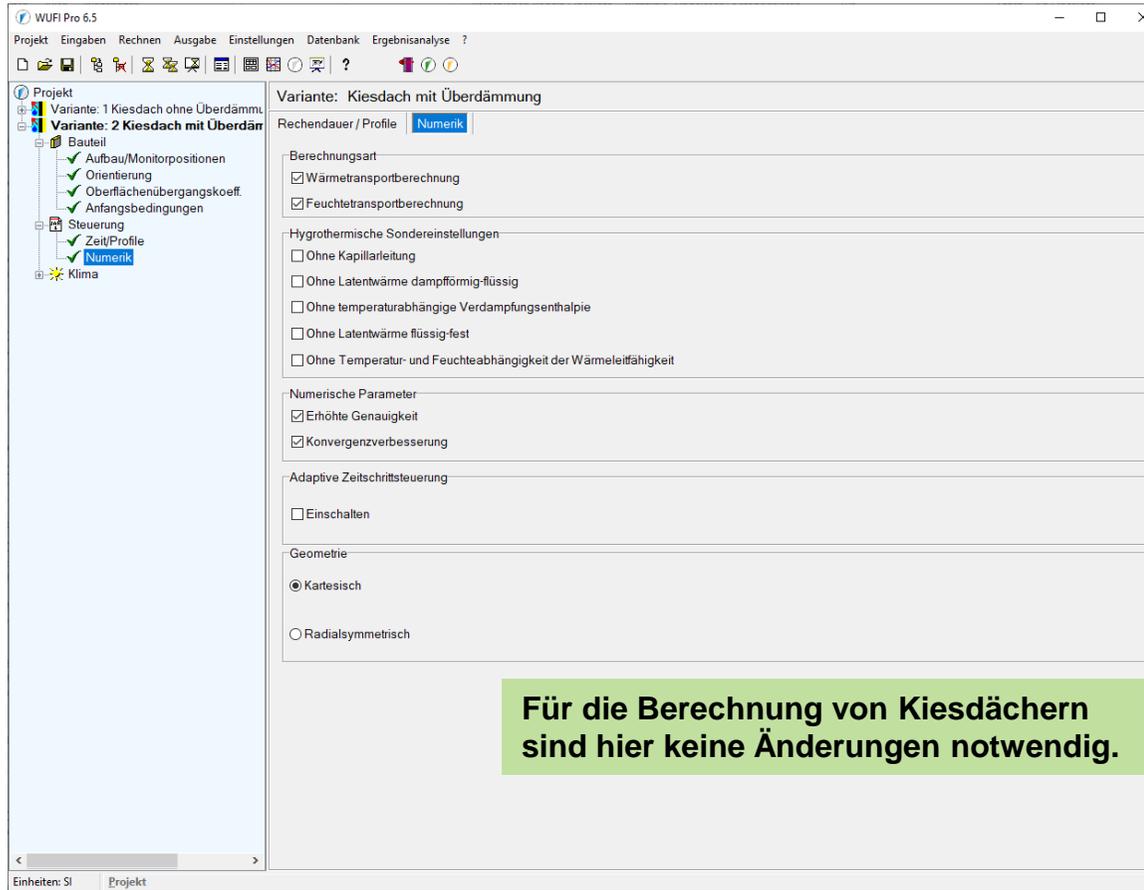
**Rechenzeitraum anpassen**

**Hinweis:**

**Kiesdächer erreichen häufig nur langsam den eingeschwungenen Zustand  
→ lange Rechenzeiträume notwendig**

# Beispiel B: Numerische Einstellungen

## Eingabe: Steuerung – Numerik



The screenshot shows the WUFI Pro 6.5 software interface. The left sidebar displays a project tree with the following structure:

- Projekt
  - Variante: 1 Kiesdach ohne Überdämmung
  - Variante: 2 **Kiesdach mit Überdämmung**
    - Bauteil
      - Aufbau/Monitorpositionen
      - Orientierung
      - Oberflächenübergangskoeff.
      - Anfangsbedingungen
    - Steuerung
      - Zeit/Profile
      - Numerik**
    - Klima

The main window displays the settings for the selected variant, 'Variante: Kiesdach mit Überdämmung'. The 'Rechendauer / Profile' tab is active, showing the following settings:

- Rechendauer / Profile:** Numerik
- Berechnungsart:**
  - Wärmetransportberechnung
  - Feuchttransportberechnung
- Hygrothermische Sondereinstellungen:**
  - Ohne Kapillarleitung
  - Ohne Latentwärme dampfförmig-flüssig
  - Ohne temperaturabhängige Verdampfungsenthalpie
  - Ohne Latentwärme flüssig-fest
  - Ohne Temperatur- und Feuchteabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit
- Numerische Parameter:**
  - Erhöhte Genauigkeit
  - Konvergenzverbesserung
- Adaptive Zeitschrittsteuerung:**
  - Einschalten
- Geometrie:**
  - Kartesisch
  - Radialsymmetrisch

A green text box at the bottom right of the interface contains the following text:

**Für die Berechnung von Kiesdächern sind hier keine Änderungen notwendig.**

# Beispiel B: Außenklima

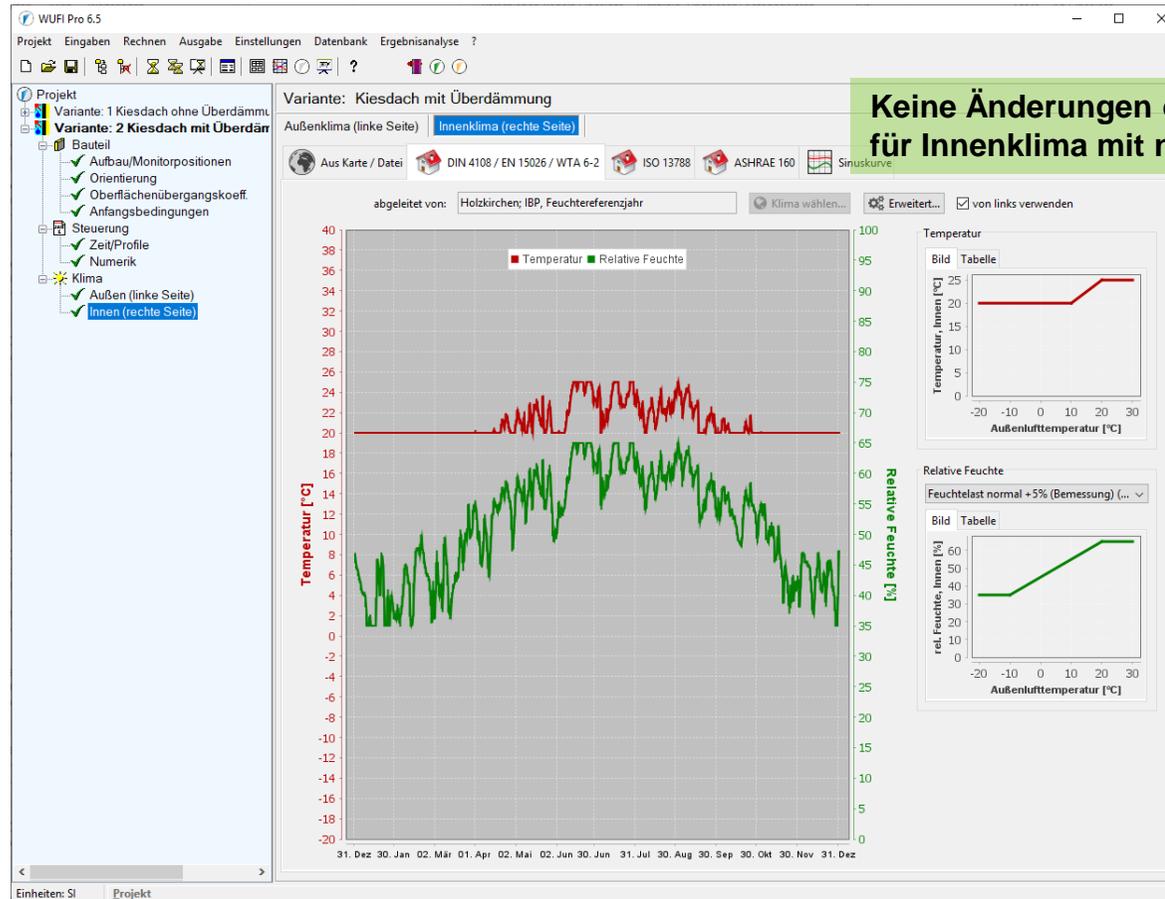
Eingabe: Klima – Außen (linke Seite)

The screenshot shows the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window is titled 'Variante: Kiesdach mit Überdämmung'. On the left, a project tree shows 'Klima' selected, with sub-items 'Außen (linke Seite)' and 'Innen (rechte Seite)'. The main area is divided into 'Außenklima (linke Seite)' and 'Innenklima (rechte Seite)'. A green box highlights the 'Standort auswählen' button and the location input field containing 'Holzkirchen; IBP, Feuchterferenzjahr'. Below this, three graphs are displayed: 'Temperatur / Relative Feuchte' (top), 'Relative Feuchte [%]' (middle), and 'Globalstrahlung' (bottom). The 'Globalstrahlung' graph shows 'iSGH [Wh/m²]' on the y-axis. On the right, a 'Datei-Info' panel lists climate data: 'Klimaort: Holzkirchen', 'Breite [°]: 47,88 Nord', 'Länge [°]: 11,73 Ost', 'Höhe über NN [m]: 680', 'Zeitzone: 1,0', 'Anzahl Datenzeilen: 8760', 'Beschreibung: [i]', 'Kommentar: [i]'. The 'Klimaelemente' section lists: 'Temperatur: TA', 'Relative Feuchte: HREL', 'Kurzweilige Strahlung: ISGH, ISD', 'Langweilige Strahlung: ILAH', 'Wind: WS, WV, WD', 'Regen: RN', 'Bewölkungsgrad: —', 'Luftdruck: PSTA'. The 'Langweilige Strahlung' and 'Regen' items are highlighted with red boxes.

**Hinweis:**  
Für die Anwendung  
des generischen  
Kiesdachmodells sind  
Standorte notwendig,  
die langweilige  
Strahlung und  
Regendaten enthalten!

# Beispiel B: Raumklima

Eingabe: Klima – Innen (rechte Seite)



Keine Änderungen erforderlich für Innenklima mit normaler Feuchtelast + 5%

# Beispiel B: Auswertung Rechenqualität

## Letzter Rechenlauf:

Letzter Rechenlauf

Rechenverlauf

|                             |                         |  |  |
|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| Datum/Zeit der Rechnung     | 16.03.2021 08:07:41     |  |  |
| Rechenzeit                  | 5 min,24 sek            |  |  |
| Beginn / Ende der Rechnung  | 01.10.2021 / 01.10.2031 |  |  |
| Anzahl der Konvergenzfehler | 82                      |  |  |

Numerische Qualitätsprüfung

|   |                      |              |  |
|---|----------------------|--------------|--|
| Integral der Ströme, linke Seite (kl,dl)  | [kg/m <sup>2</sup> ] | 0,0 -1090,81 |  |
| Integral der Ströme, rechte Seite (kr,dr) | [kg/m <sup>2</sup> ] | 2,2E-7 -0,04 |  |
| Bilanz 1                                  | [kg/m <sup>2</sup> ] | 2,28         |  |
| Bilanz 2                                  | [kg/m <sup>2</sup> ] | 2,29         |  |

Wassergehalt [kg/m<sup>2</sup>]

|                    | Start | Ende | Min. | Max. |
|--------------------|-------|------|------|------|
| Gesamtwassergehalt | 2,49  | 4,78 | 2,26 | 5,66 |

Wassergehalt [kg/m<sup>2</sup>]

| Schicht/Material | Start | Ende | Min. | Max. |
|------------------|-------|------|------|------|
|------------------|-------|------|------|------|

Rechnung gesperrt

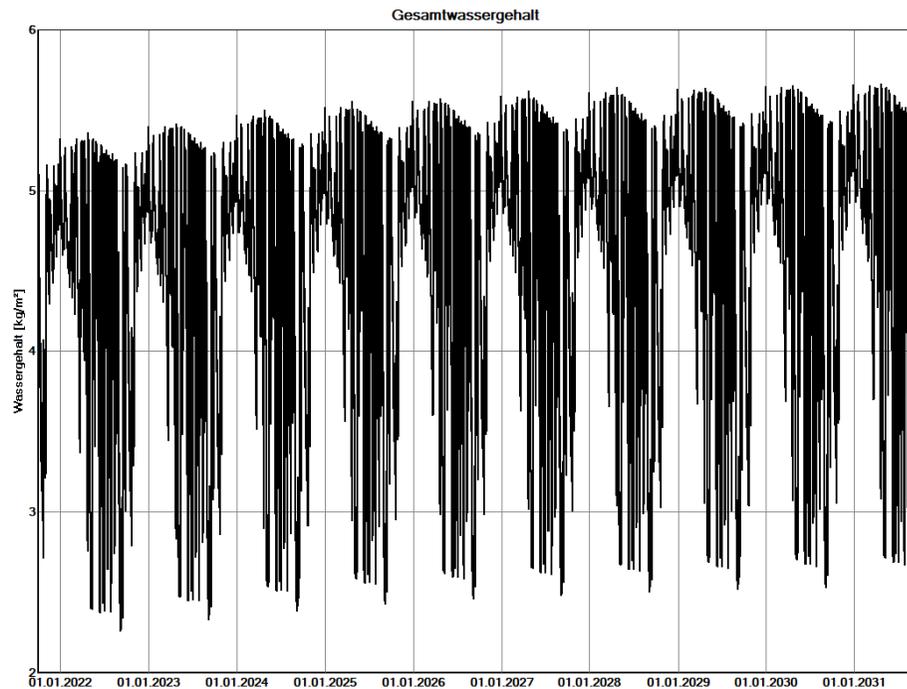
Schließen Hilfe

**Hohe Anzahl an Konvergenzfehler!**  
→ Überprüfen, ob die Wassergehaltsverläufe in den Schichten der Unterkonstruktion Auffälligkeiten aufweisen!

Die beiden Bilanzen sind nahezu identisch!

## Beispiel B: Auswertung Gesamtwassergehalt

### Auswertung anhand der Schnellgrafiken: Gesamtwassergehalt



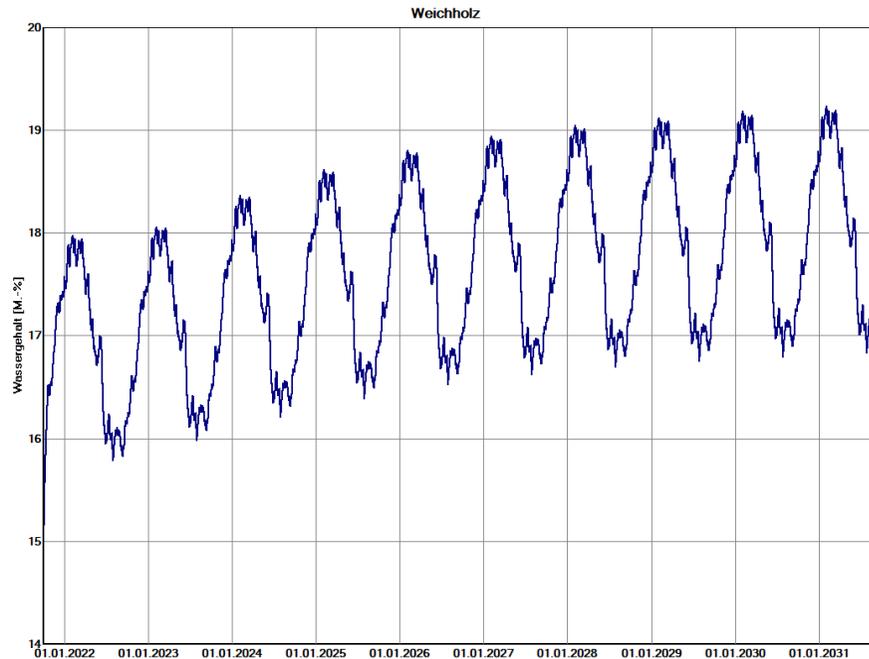
#### Bewertung:

Der Gesamtwassergehalt bei Kiesdächern ist aufgrund der großen Feuchtemengen im Kies ggf. wenig aussagekräftig

→ Auswertung der einzelnen Schichten der Unterkonstruktion

## Beispiel B: Auswertung Holzschalung

### Auswertung anhand der Schnellgrafiken: Wassergehalt der Schalung



#### Bewertung:

Der Wassergehalt in der Schalung steigt über den Berechnungszeitraum langsam an und erreicht nach 10 Jahren noch keinen eingeschwungenen Zustand.

→ längerer Berechnungszeitraum notwendig

# Beispiel B: Berechnungszeit

Eingabe: Steuerung – Zeit / Profile

The screenshot shows the WUFI Pro 6.5 software interface. The main window is titled 'Variante: Kiesdach mit Überdämmung'. On the left, a project tree shows 'Variante: 2 Kiesdach mit Überdämmung' selected, with 'Zeit/Profile' highlighted. The main area contains a table for 'Start\_Ende / Profile' with columns for 'Rechnung', 'Profil', 'Datum', and 'Stunde'. The 'Datum' column for the 'Ende' row is highlighted with a green box, showing '01.10.2041'. Below the table, there is a 'Rechenzeitschritt [h]' input field with the value '1'. A green callout box with the text 'Rechenzeitraum anpassen' is overlaid on the right side of the interface.

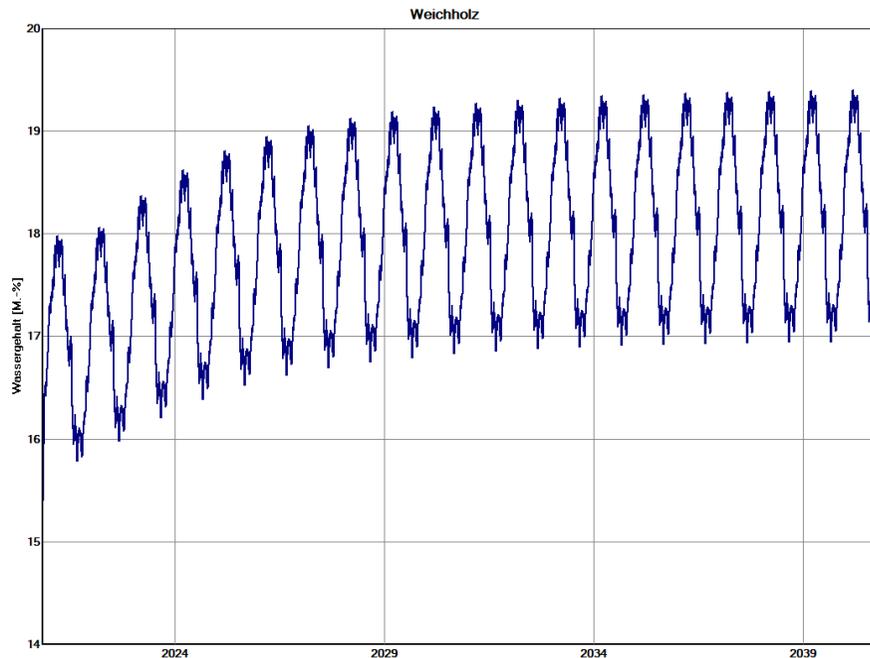
| Rechnung | Profil   | Datum      | Stunde   |
|----------|----------|------------|----------|
| Start    | Profil 1 | 01.10.2021 | 00:00:00 |
| Ende     | Profil 2 | 01.10.2041 | 00:00:00 |

Rechenzeitschritt [h] 1

Rechenzeitraum anpassen

## Beispiel B: Auswertung Holzschalung

### Auswertung anhand der Schnellgrafiken: Wassergehalt der Schalung



### Bewertung:

Der Wassergehalt in der Schalung erreicht nach 14 Jahren den eingeschwungenen Zustand mit Maximalwerten von knapp 19,5 M.-%.

→ bauphysikalisch  
unkritisch

→ Auswertung nach WTA  
nicht notwendig