

WUFI®

Leitfaden zur Berechnung von extensiv begrünten Dächern (generisch)

Stand: Dezember 2025

Inhalt

Entwicklung des Gründachberechnungsmodells.....	Folie 3
Anwendung des generischen Ansatzes.....	Folie 5
- Eingabe: Bauteilaufbau und Gittereinstellung.....	Folie 6
- Eingabe: Feuchtequelle im Substrat und Infiltrationsquelle.....	Folie 7
- Eingabe: Anfangsbedingungen.....	Folie 10
- Eingabe: Randbedingungen (Außen).....	Folie 11
- Eingabe: Randbedingungen (Innen).....	Folie 14
- Eingabe: Steuerung.....	Folie 15
Hinweise zur Auswertung.....	Folie 17
Wichtige Hinweise / Regeln für die Baupraxis.....	Folie 21
Literatur.....	Folie 22
Beispiele: Extensiv begrünte Leichtbaukonstruktionen.....	Folie 23
- Beispiel A: ohne Überdämmung.....	Folie 24
- Beispiel B: mit Überdämmung.....	Folie 49

Entwicklung der Gründachmodelle

Im Rahmen des Forschungsprojekts

„Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparametern von Dachbegrünungen zur zuverlässigen Simulation der hygrothermischen Verhältnisse in und unter Gründächern bei beliebigen Nutzungen und unterschiedlichen Standorten“ [1]

(gefördert mit Mitteln der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung; Aktenzeichen: SF-10.08.18.7-11.18 / II 3-F20-10-1-100)

wurde ein Modell entwickelt, um generische und produktspezifische Dachbegrünungen – insbesondere auf Holzkonstruktionen – mit Hilfe von hygrothermischen Simulationen zuverlässig berechnen und planen zu können.

Entwicklung der Gründachmodelle

Generischer Ansatz:

Das generische Gründachmodell wurde auf Basis von Freilanduntersuchungen in Holzkirchen, Leipzig [2], Wien [3] und Kassel [4] erstellt. Die Klimadaten, die für die Versuchszeiträume zur Verfügung standen, enthalten keine atmosphärischen Gegenstrahlungsdaten, so dass deren Einfluss vereinfacht über die anderen Klimaelemente und entsprechend angepasste Oberflächenübergangskoeffizienten berücksichtigt werden muss. Dieses Modell ist somit vor allem für Standorte in Mitteleuropa bzw. mit vergleichbarem Klima geeignet und kann Anwendung finden, wenn keine gemessenen Gegenstrahlungsdaten oder keine genauen Kenntnisse zum verwendeten Substrat vorliegen.

Produktspezifischer Ansatz:

Aufbauend auf dem generischen Modell wurden produktspezifische Ansätze für fünf Begrünungssysteme der Firma Optigrün, teilweise mit Festkörperdränage mit Hilfe zusätzlicher Labor- und Freilandversuchen am Standort Holzkirchen entwickelt. Hierbei wurde der Einfluss der gemessenen atmosphärischen Gegenstrahlung explizit berücksichtigt, so dass die Ansätze prinzipiell auch für die Anwendung in anderen Klimaregionen geeignet sind. Eine Validierung fand bisher an den Standorten Holzkirchen und Mailand [5] statt.

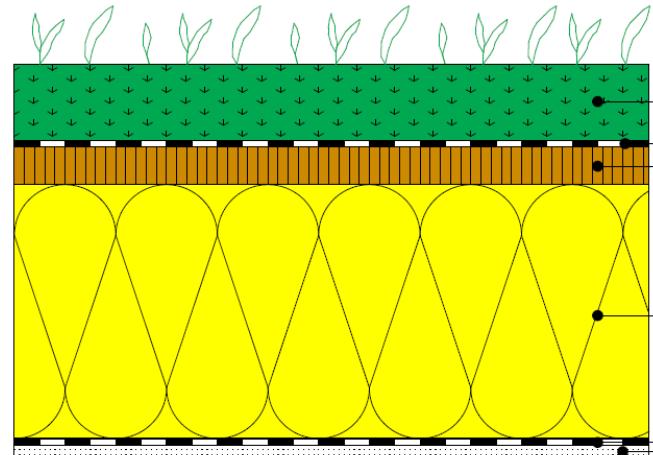
Anwendung des generischen Ansatzes

Der **generische Ansatz** kann angewendet werden, wenn **keine genauen Daten** zum **verwendeten Substrat** oder im Klimadatensatz **keine gemessenen Gegenstrahlungsdaten** vorliegen.

In diesem Modell wird **die langwellige Abstrahlung vereinfacht** über die **reduzierte kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl** mit berücksichtigt.

Dies ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn vergleichbare Strahlungsverhältnisse wie an den untersuchten Standorten auftreten. Daher ist die Anwendung auf Standorte in Mitteleuropa (oder vergleichbares Klima) begrenzt.

Andere Strahlungsverhältnisse (vor allem bei deutlich unterschiedlichen Bewölkungsgraden) sollten durch eine genaue Berechnung der langwelligen Strahlungsverluste erfasst werden.



Eingabe: Bauteilaufbau und Gittereinstellung

Bauteil – Aufbau

Generisches Substrat

Das generische Substrat ist in erforderlicher Dicke (bis maximal etwa 15 cm Substratschichtdicke) anzusetzen.

Das Material ist direkt in der WUFI®-Materialdatenbank verfügbar unter *Fraunhofer Institut für Bauphysik → Grün- und Kiesdächer*.

Darunter liegender Dachaufbau

Die darunter liegenden Schichten sind entsprechend dem Aufbau in der Gefach-Achse einzugeben.

Gitteraufbau

Empfohlene Gittereinstellung:

Automatisch (II) mit 200 Elementen (entspricht Voreinstellung)

Eingabe: Feuchtequelle im Substrat

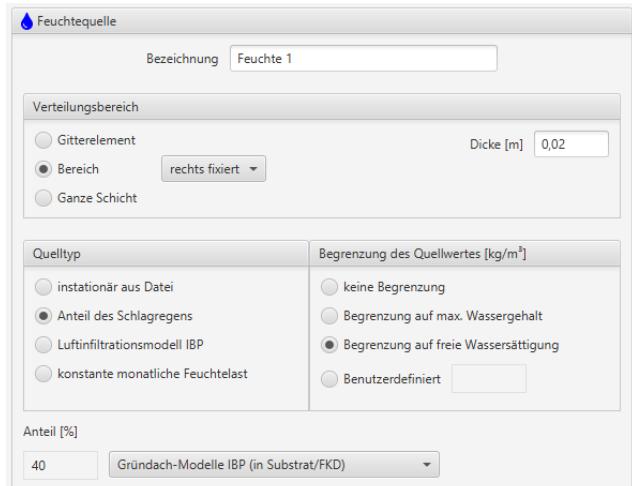
Bauteil – Aufbau

Feuchtequelle in der Substratschicht

Um den durch die Substratschicht durchfließenden Niederschlag in der Berechnung zu berücksichtigen, ist eine Feuchtequelle in den unteren 2 cm der Substratschicht anzusetzen. Diese soll bei einem Regenereignis 40 % des Niederschlags, begrenzt auf die freie Wassersättigung, in die Substratschicht einbringen.

Einstellungen:

- Verteilungsbereich:
Bereich – rechts fixiert; Dicke: 0,02 m
- Quelltyp: Anteil des Schlagregens
- Begrenzung des Quellwerts:
Begrenzung auf freie Wassersättigung
- Anteil: 40 % (Gründach-Modelle IBP)



Eingabe: Infiltrationsquelle

Bauteil – Aufbau

Feuchtequelle - Infiltration (nur bei Holzbaukonstruktionen)

Die in Abhängigkeit von der Luftdichtheit konvektiv in die Konstruktion eindringende Feuchtemenge ist nach DIN 68800 [6] bei Holzbaukonstruktionen immer mitzubeurteilen und wird in der Simulation über das Infiltrationsmodel des IBP berücksichtigt.

Die Feuchtequelle ist im Bauteilaufbau an der Position anzusetzen, an der in der Praxis das Tauwasser ausfallen wird - i.d.R. ist dies vor der zweiten luftdichten Ebene auf der Kaltseite des Bauteils.

Bei Dächern empfehlen wir folgende Einstellungen:

- mit Holzschalung: Feuchtequelle in den innersten 5 mm der Holzschalung
- ohne Holzschalung: Feuchtequelle in den äußeren 5 mm der Dämmung

Eingabe: Infiltrationsquelle

Bauteil – Aufbau

Feuchtequelle - Infiltration (nur bei Holzbaukonstruktionen)

Die Menge der im Winter eingetragenen Feuchte wird im Programm automatisch aus dem Überdruck aufgrund des thermischen Auftriebs im Gebäude (Temperaturdifferenz zwischen außen und innen sowie angegebener Luftraumhöhe), der Innenraumluftfeuchte und der anzugebenden Luftdichtheit der Gebäudehülle bestimmt [7].

Weitere Informationen zur Verwendung der Infiltrationsquelle in WUFI® finden sie hier: [Leitfaden zur Verwendung der Infiltrationsquelle](#)

Eingabe: Anfangsbedingungen

Bauteil – Anfangsbedingungen

Anfangstemperatur und -feuchte:

Als Voreinstellung sollte eine konstante Anfangstemperatur von 20 °C und eine relative Anfangsfeuchte von 80 % angesetzt werden.

Sind erhöhte Einbaufeuchten bekannt, können diese für jede einzelne Schicht separat angegeben werden.

Randbedingungen (Außen) – Klima

Außenklima:

Es sollte ein für den Gebäudestandort geeignetes Klima verwendet werden. Allerdings sind für die Anwendung des generischen Gründachmodells Standorte notwendig, die Regendaten enthalten.

Hier bieten sich die hygrothermischen Referenzjahre (HRY) an, welche im Rahmen eines Forschungsprojekts [9] für 11 Standorte in Deutschland erstellt wurden. Diese Standorte sind für die jeweilige Klimaregion typisch. Nähere Informationen hierzu in der *WUFI®-Hilfe (F1) → Thema: Hygrothermische Referenzjahre*

Der Standort Holzkirchen mit um 20 % reduzierter Strahlung gilt als kritisch repräsentativ für deutsche Standorte bis in Höhenlagen von 700 m. Dies kann durch die Reduktion der Absorptionszahl von a auf $a*0,8$ in der Simulation berücksichtigt werden. Dieses Klima wurde auch für die Freistellung nachweisfreier Konstruktionen der DIN 4108-3 [8] verwendet.

Eingabe: Orientierung / Neigung

Randbedingungen (Außen) – Orientierung

Orientierung

Die maßgebliche Orientierung ist i.d.R. Nord, da hier die geringsten Strahlungsgewinne auftreten. Bei sehr flach geneigten Dächern ist die Orientierung allerdings nur von geringer Bedeutung.

Dachneigung

Die Neigung des Daches ist entsprechend der geplanten Dachneigung anzugeben.

Eingabe: Oberflächenübergangskoeffizienten (außen)

Randbedingungen (Außen) – Oberfläche

Wärmeübergang

Der Wärmeübergangskoeffizient an der Außenoberfläche beträgt entsprechend dem Gründachmodell [1] 19 W/m²K.

Strahlung

Auswahl (Drop-Down-Menü): Dach → Gründach, generisches Modell

Entsprechend dem generischen Gründachmodell nach [1] wird die langwellige Abstrahlung vereinfacht über die reduzierte kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl mit berücksichtigt. Diese wird dazu mit dem vergleichsweise niedrigen Wert von 0,3 angenommen. Die langwellige Strahlungsemision wird für generische Gründächer nicht angesetzt. Auch die strahlungsbedingte Unterkühlung wird hier nicht verwendet.

Regen

Bei der Simulation von Gründächern muss der Regen berücksichtigt werden.

Randbedingungen (Innen) – Klima / Oberfläche

Innenklima:

Standardmäßig empfehlen wir für die Bemessung das Innenklima mit normaler Feuchtelast + 5% (nach DIN 4108-3 [8] und EN 15026 [11]).

Alternativ können je nach Nutzung des Gebäudes auch das Innenklima mit niedriger Feuchtelast (nach EN 15026 [11]) oder mit normaler bzw. hoher Feuchtelast (nach DIN 4108-3 [8] und EN 15026 [11]) angesetzt werden. Auch können z.B. konstante oder gemessene Bedingungen angesetzt werden.

Wärmeübergang

Der Wärmeübergangskoeffizient an der Innenoberfläche wird entsprechend der DIN 4108-3 [8] mit 8 W/m²K angesetzt.

Steuerung

Berechnungszeitraum:

Ein Berechnungsstart am 1. Oktober wird empfohlen, da das Bauteil in den anschließenden Wintermonaten zuerst meist noch weiter auffeuchtet, bevor im Frühjahr evtl. eine Austrocknung einsetzt. Dieses Startdatum stellt also i.d.R. einen ungünstigen Fall dar.

Die Rechendauer ist abhängig davon, wann die Konstruktion den eingeschwungenen Zustand erreicht. Bei Gründächern ist meist eine Rechenzeit von ca. 10-15 Jahren notwendig.

Eingabe: Steuerung

Steuerung

Adaptive Zeitschrittsteuerung:

Aufgrund der schwierigen Feuchtebilanz in der Begrünungsschicht sollte die Berechnung von Gründächern mit „Adaptiver Zeitschrittsteuerung“ durchgeführt werden.

Empfohlene Einstellung (entspricht Voreinstellung):

Schritte: 3

Max. Stufen: 5

Numerische Einstellungen:

Es wird empfohlen, bei der Simulation von Gründächern 2 Rechenkerne zu verwenden.

→ Berechnungsart

→ max. Anzahl zu verwendender Threads: 2



Hinweise zur Auswertung von Gründächern

Rechenqualität

- Bei Gründächern sind lange Rechenzeiten nicht ungewöhnlich.
- Die Bilanzunterschiede sollten so gering wie möglich bleiben.
- Die Anzahl der Konvergenzfehler spielt keine maßgebliche Rolle, eine hohe Anzahl weist aber auf eine schwierige Konvergenz hin. Wichtig ist, dass die Bilanzen dabei nicht zu stark abweichen. Bei Gründächern kann es allerdings aufgrund der großen Feuchtemengen im Gründachaufbau (Schlagregenquelle) zu einer höheren Anzahl an Konvergenzfehlern kommen. Meist treten diese im Bereich der Begrünungsschichten auf und wirken sich oft nicht oder nur marginal auf die Unterkonstruktion aus.
- Zeigen die Wassergehaltsverläufe in den Schichten der Unterkonstruktion keine Auffälligkeiten (z.B. abrupte Sprünge, Peaks...), ist das Ergebnis i.d.R. akzeptabel.

Rechenverlauf		
Datum/Zeit der Rechnung		10.09.2025, 15:49
Beginn / Ende der Rechnung		01.10.2025 / 01.10.2033
Rechenzeit		0:01:28.154
Akt. Datum/Zeit		01.10.2033, 00:00

Numerische Qualitätsprüfung		
Anzahl der Konvergenzfehler		104
Integral der Diffusionsströme (links/rechts)	[kg/m ²]	-362,13 -0,25
Integral der Kapillarströme (links/rechts)	[kg/m ²]	-726,87 1,6E-7
Bilanz (Masse vs. Integral der Ströme)	[kg/m ²]	15,74 15,37

Hinweise zur Auswertung von Gründächern

Begrünte Leichtbaukonstruktionen

Die Vorgehensweise bei der Auswertung sowie die Auswertekriterien entsprechen weitgehend denen von normalen Flachdächern und können dem [Leitfaden zur Berechnung von Flachdächern](#) entnommen werden.

Die Bewertung der Feuchteverhältnisse in einer eventuell vorhandenen Überdämmung der äußeren Schalung wird auf den folgenden Folien erläutert.

Zusätzliche Auswertung bei einer Überdämmung

In der Überdämmung der außenseitigen Schalung ist häufig eine langsame Akkumulation von Feuchte zu beobachten, weshalb in diesem Bereich vorzugsweise feuchteunempfindliche Materialien einzusetzen sind.

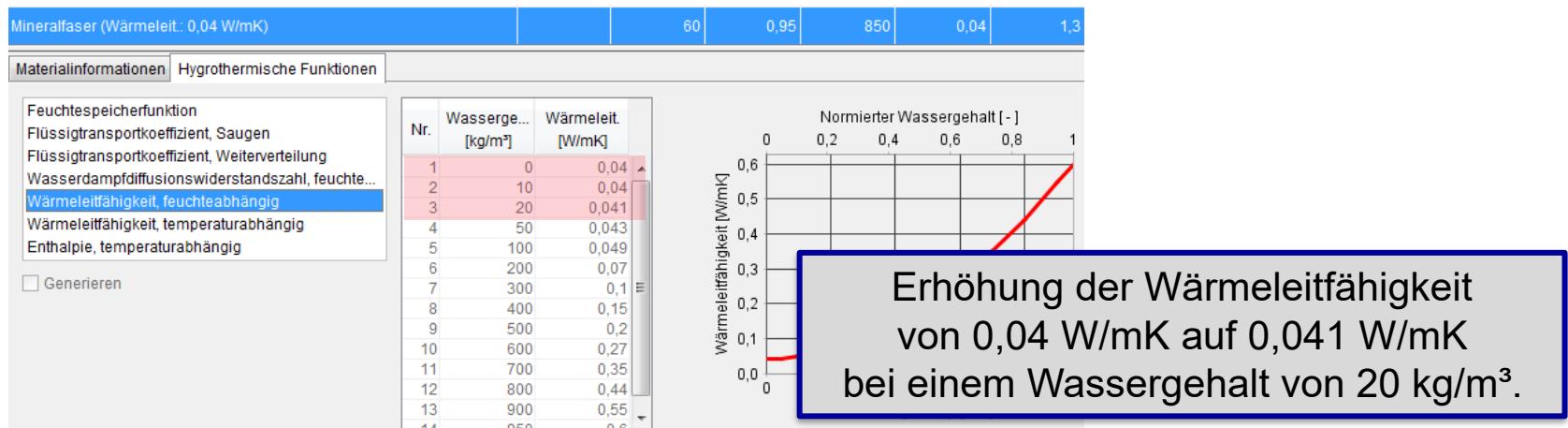
- Feuchte führt zu einer Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit – dieser Anstieg bleibt aber meist so gering (siehe nächste Folie), dass er auch für typische Standzeiten von 25 Jahren vernachlässigbar erscheint.
- In Hartschaumdämmungen verbleibt die Feuchte in der Porenstruktur des Materials – d.h. i.d.R. ohne weitere Folgen für Material oder Konstruktion.
- In Faserdämmungen kann flüssiges Tauwasser eventuell in andere Bauteilschichten eindringen und diese schädigen – dieser Effekt ist gesondert zu berücksichtigen!

Hinweise zur Auswertung von Gründächern

Zusätzliche Auswertung bei einer Überdämmung

Im Beispiel ist der Wassergehalt einer Mineralwolleddämmung dargestellt, der über die Standzeit des Daches auf etwa 20 kg/m^3 steigt (umgerechnet auf eine Dicke von 6 cm entspricht dies etwa $1,2 \text{ kg/m}^2$).

Die Auswirkung auf die Wärmeleitfähigkeit lässt sich dem Materialdatensatz entnehmen. In diesem Fall erhöht sie sich um etwa 2,5 % von 0,04 auf 0,041 W/mK. Ist die Überdämmung für den U-Wert des Bauteils relevant, könnte der Effekt durch eine etwa 1,5 mm dickere Dämmung kompensiert werden.



Wichtige Hinweise / Regeln für die Baupraxis

- **Überdämmung** der äußeren Beplankung ist bei Dämmstärken über etwa 15 - 20 cm **sinnvoll** und empfehlenswert.
- **Feuchtevariable Dampfbremsen** in Kombination mit diffusionsoffener innenseitiger Beplankung verbessern Trocknung und Feuchtebilanz und sollten daher **bevorzugt** eingesetzt werden.
- **Vorsicht bei Verschattungen** und Standorten mit wenig Strahlung, da das geringe Trocknungspotential noch weiter reduziert ist.
- **Einbau** der Materialien **möglichst trocken** – Austrocknung nach Einbau nur sehr langsam möglich.
- **Gute Luftdichtheit** anstreben und prüfen.
- **Keine Trocknung** durch die Begrünungsschicht **nach oben möglich** – Feuchteintrag von oben aber schon. Daher verhalten sich **diffusionshemmende Dachbahnen** günstiger (s_d -Werte ≥ 300 m empfohlen)!
- Aufsparrendämmungen immer unkritisch!!

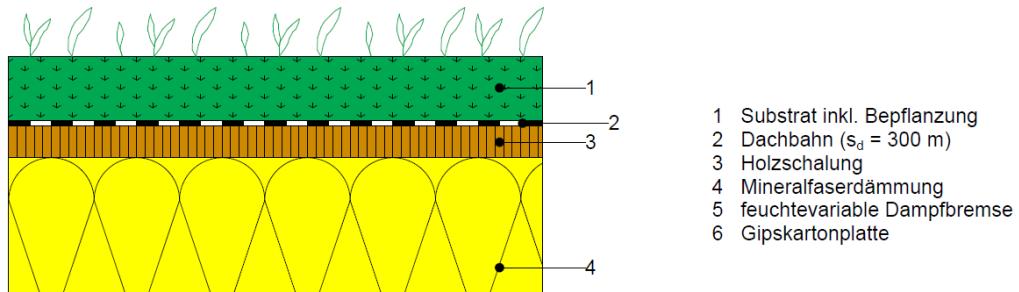
Literatur

- [1] Schafaczek B., Zirkelbach D.: Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparametern von Dachbegrünungen zur zuverlässigen Simulation der hygrothermischen Verhältnisse in und unter Gründächern bei beliebigen Nutzungen und unterschiedlichen Standorten. Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 2863, Fraunhofer IRB Verlag 2013.
 - [2] Winter, S.; Fülle, C.; Werther, N.: Forschungsprojekt MFPA Leipzig und TU München (Z 6 – 10.08.18.7-07.18). „Flachdächer in Holzbauweise“. 2007-2010.
 - [3] Teibinger, M.; Nusser, B.: Ergebnisse experimenteller Untersuchungen an flachgeneigten Hölzernen Dachkonstruktionen. Herausgegeben von Holzforschung Austria, Wien. (Forschungsbericht, HFA-Nr.: P412), 2010.
 - [4] Minke, G.; Otto, F.; Gross, R.: Ermittlung des Wärmedämmverhaltens von Gründächern. Abschlussbericht, AZ 24242-25. ZUB Kassel. Juli 2009.
 - [5] Fiori, M.; Paolini, R.: Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito. The green roof monitoring is funded by the Italian Ministry of Research, project PRIN SENSE „Smart Building Envelope for Sustainable Urban Environment“.
 - [6] DIN 68800-2: Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. Beuth Verlag, Februar 2022.
 - [7] Zirkelbach, D.; Künzel, H.M.; Schafaczek, B. und Borsch-Laaks, R.: Dampfkonvektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen. Proceedings 30. AIVC Conference, Berlin 2009.
 - [8] DIN 4108-3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Beuth Verlag, März 2024.
 - [9] Forschungsbericht: Energieoptimiertes Bauen: Klima- und Oberflächenübergangsbedingungen für die hygrothermische Bauteilsimulation. IBP-Bericht HTB-021/2016. Durchgeführt im Auftrag vom Projektträger Jülich (PTJ UMW). Juli 2016.
 - [10] WTA-Merkblatt 6-2: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Dezember 2014.
 - [11] DIN EN 15026: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation. Beuth Verlag, Dezember 2023.
-

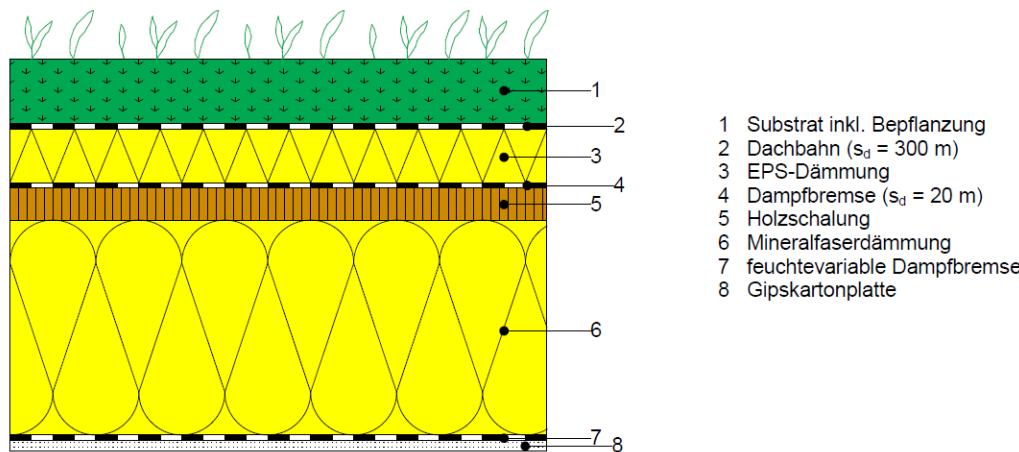
Beispiele: Extensiv begrünte Leichtbaukonstruktionen

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

Beispiel A:
Extensiv begrünte
Leichtbaukonstruktion
ohne Überdämmung



Beispiel B:
Extensiv begrünte
Leichtbaukonstruktion
mit Überdämmung



Beispiel A: Konstruktionsaufbau

Aufbau (von außen nach innen):

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

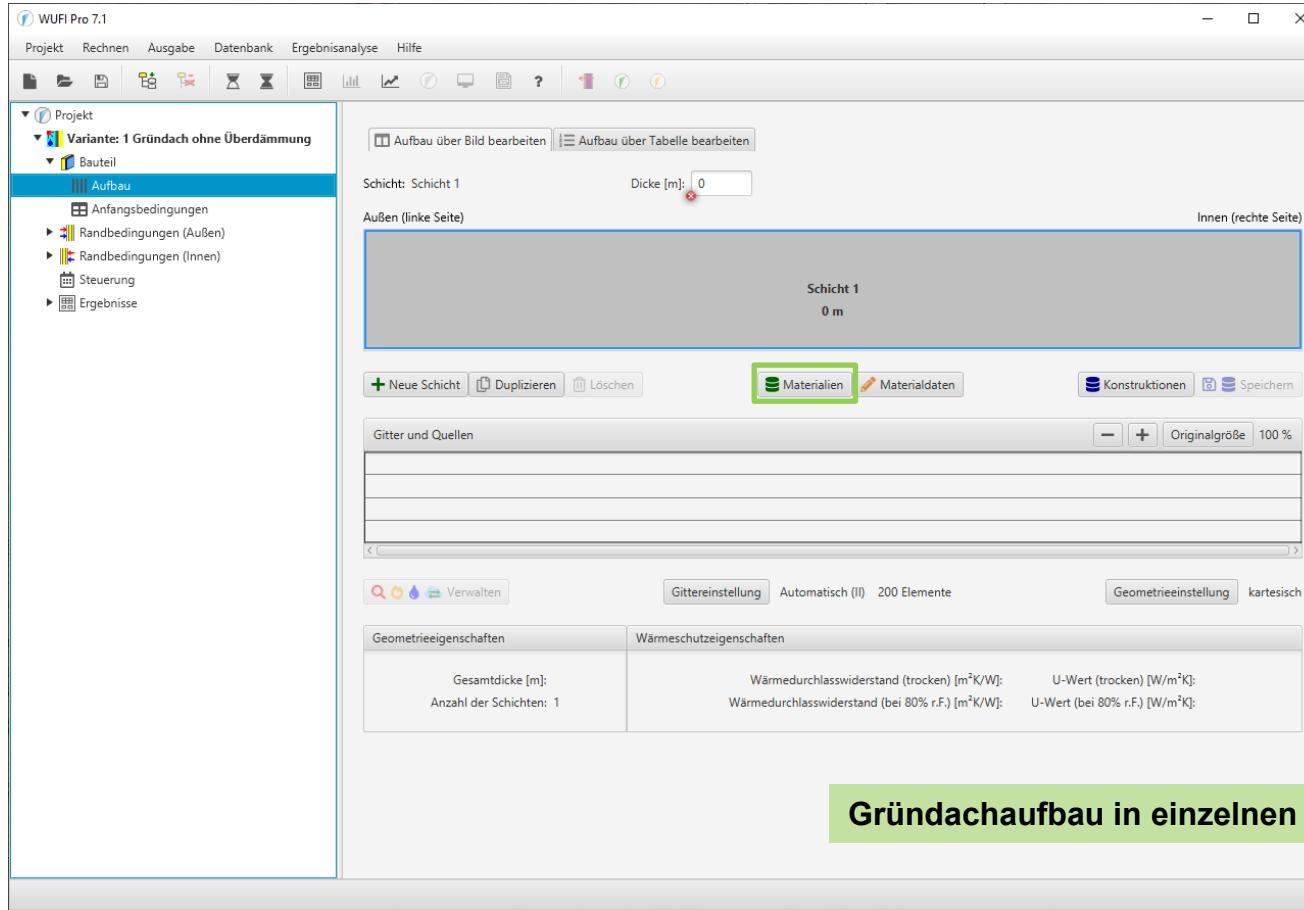
Beispiel A: Randbedingungen

Randbedingungen:

- Flachdach (3° nach Norden geneigt)
- Strahlung entsprechend „Gründach, generisches Modell“
kurzwellige Absorption: 0,3
langwellige Emission: ---
- 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 des zusammenhängenden beheizten Luftraums: 5 m

Beispiel A: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil – Aufbau



Beispiel A: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil – Aufbau

WUFI Materialien

Alle Materialien durchsuchen

Alle Quellen

WUFI

Fraunhofer Institut für Bauphysik

- Betone und Estriche
- Dämmstoffe
- Folien
- Grün- und Kiesdächer
- Hölzer und Werkstoffplatten
- Mauersteine
- Mörtel und Putze
- Natursteine

Generische Materialien

Australien & Neuseeland Datenbank

FabTrads, UCD Irische Datenbank

Japanische Datenbank

Koreanische Datenbank

LTH Universität von Lund

MASEA Datenbank

Materialien für thermische Berechnung

Nordamerikanische Datenbank

NTNU Norwegian University of Science and Technology

Obsolete Materialien

TU Wien - Institut für Baustofflehre

WUFI → Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) → Grün- und Kiesdächer

Materialname	Rohdichte [kg/m ³]	Porosität [m ³ /m ³]	Wärmekap. [J/kgK]	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 Lösung 1	OPTIGRÜN				
Optigrün Naturdach Lösung 1	OPTIGRÜN				
Optigrün Schrägdach 5° - 45°	OPTIGRÜN				
Optigrün Spardach Lösung 1	OPTIGRÜN				
Optigrün Spardach Lösung 2	OPTIGRÜN				

Hygrothermische Funktionen

Materialinformationen

Feuchtespeicherfunktion

Nr.	R.F. [-]	Wassergehalt [kg/m ³]
1	0	0
2	0,1	0,347
3	0,2	0,779
4	0,3	1,33
5	0,4	2,07
6	0,5	3,09
7	0,55	3,77
8	0,6	4,62
9	0,65	5,69

Approximieren

Approximationsparameter:

Bezugsfeuchtegehalt [kg/m³]: 12

Freie Wassersättigung [kg/m³]: 300

Wassergehalt [kg/m³]

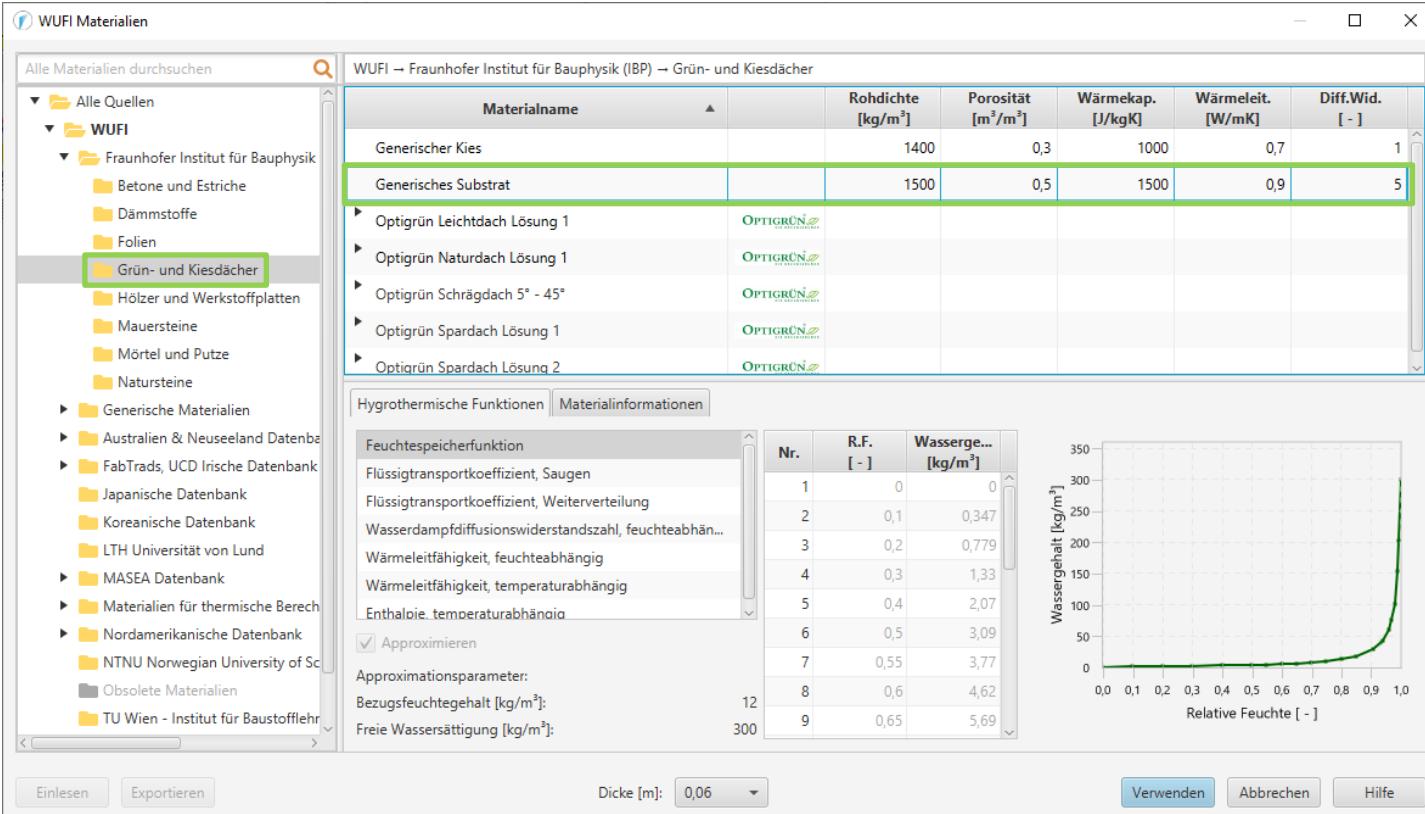
Relative Feuchte [-]

Dicke [m]: 0,06

Verwenden

Abbrechen

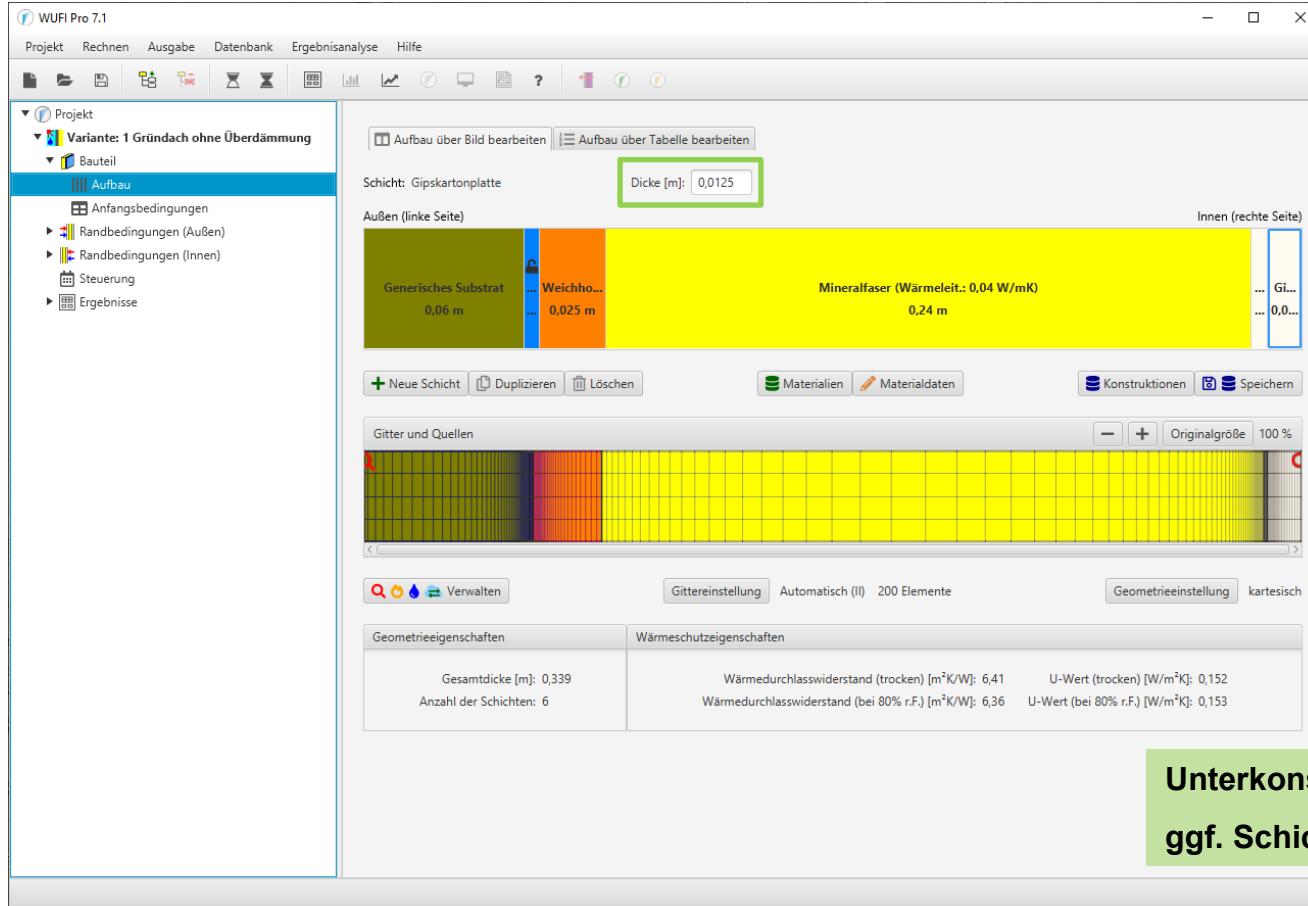
Hilfe



Grün- und Kiesdächer → Generisches Substrat

Beispiel A: Bauteilaufbau

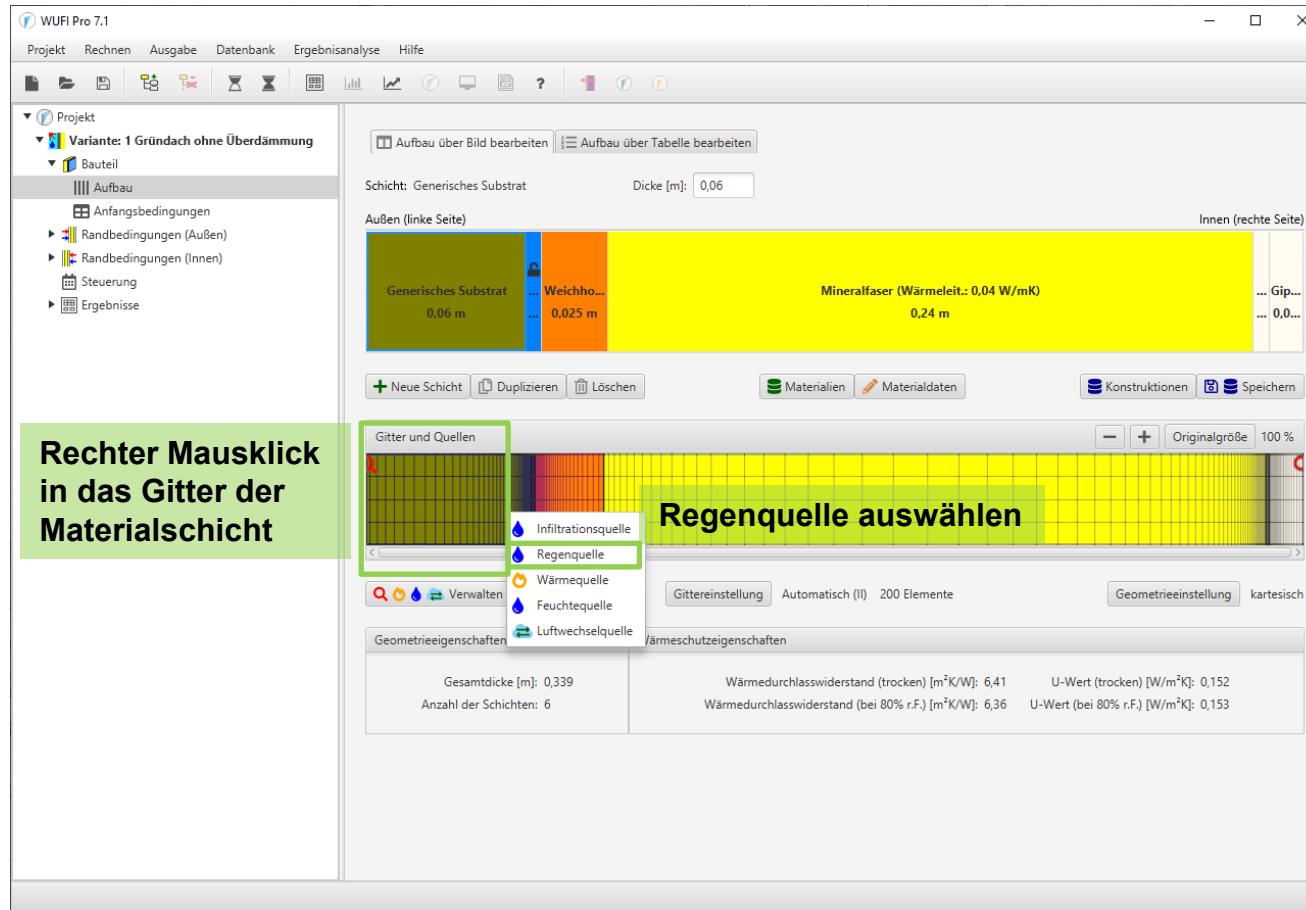
Eingabe: Bauteil – Aufbau



Beispiel A: Feuchtequelle im Substrat

Eingabe: Bauteil – Aufbau

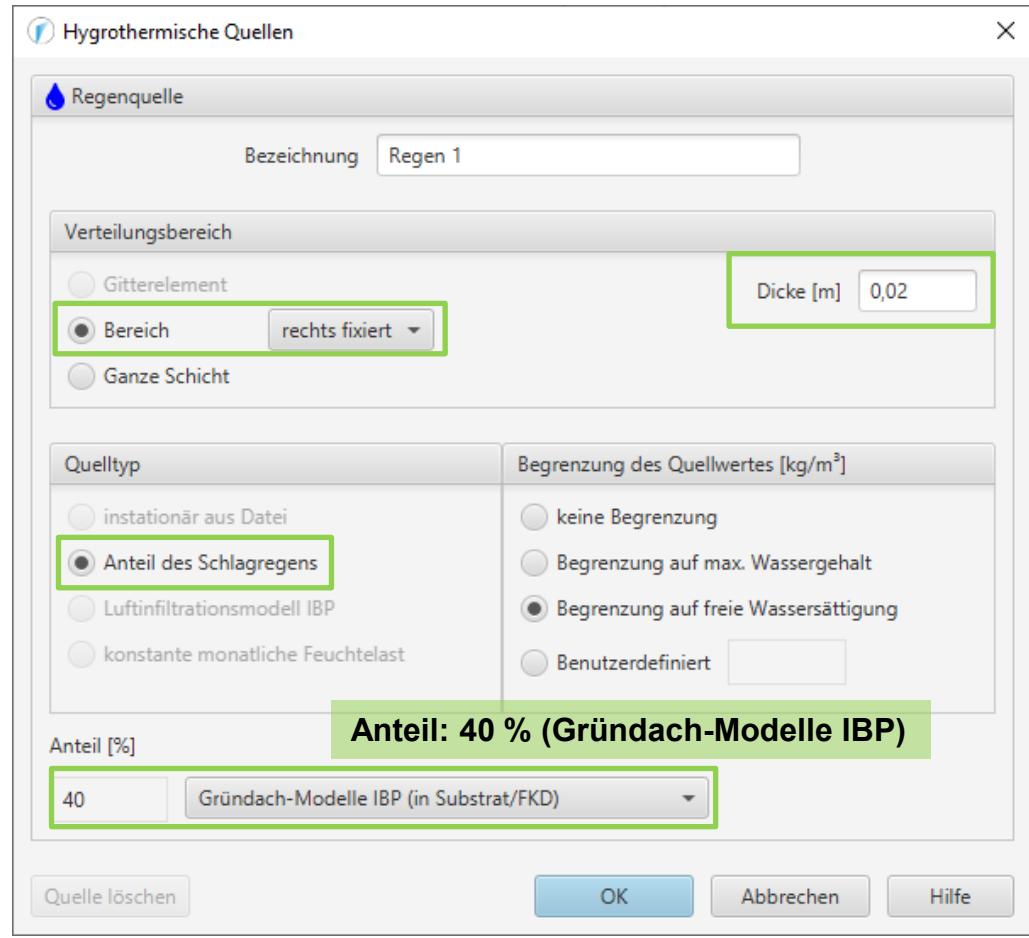
Feuchtequelle in die Schicht „Generisches Substrat“ einfügen



Beispiel A: Feuchtequelle im Substrat

Eingabe: Bauteil – Aufbau

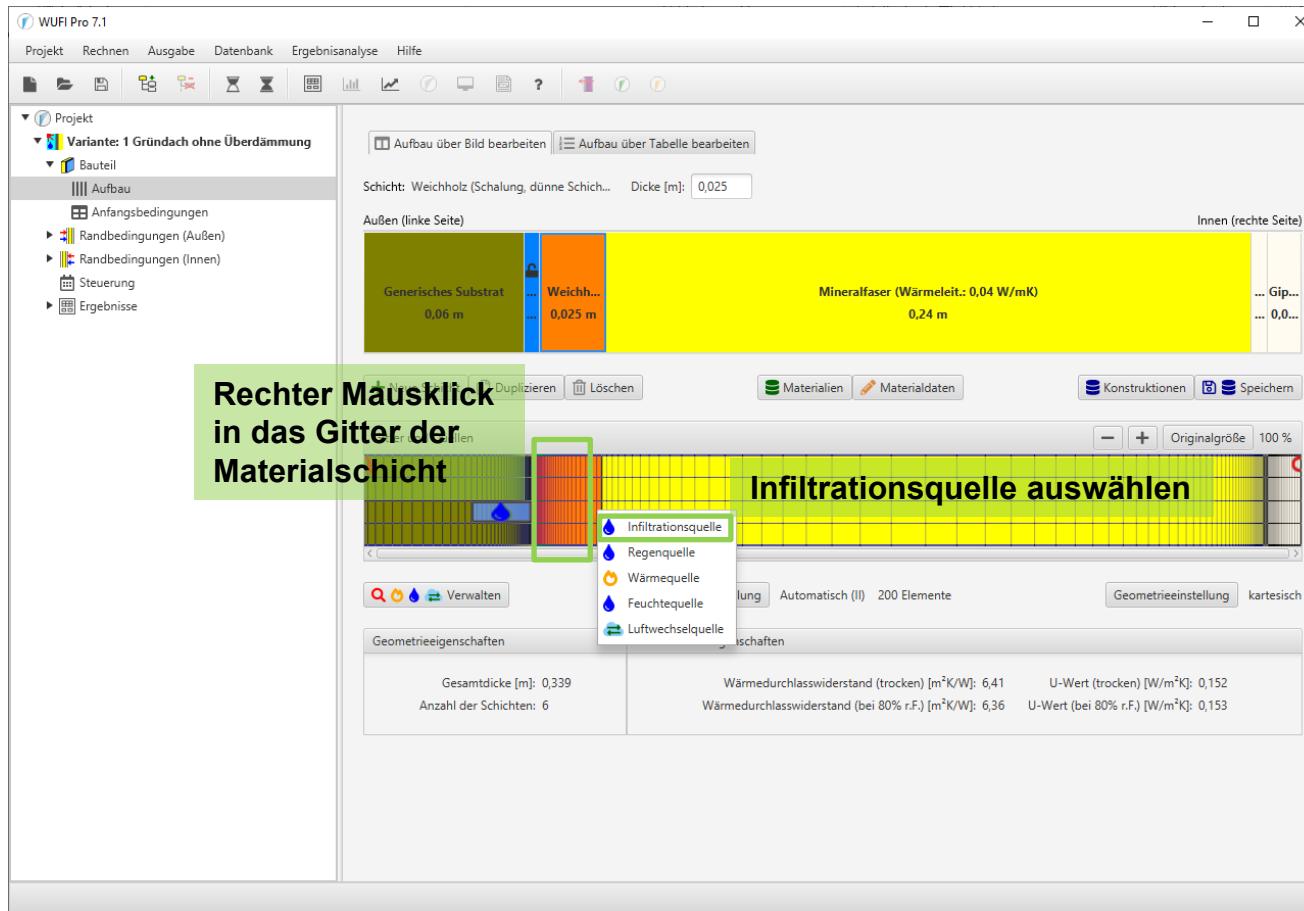
Regenquelle in die unteren 2 cm der Substratschicht



Beispiel A: Infiltrationsquelle

Eingabe: Bauteil – Aufbau

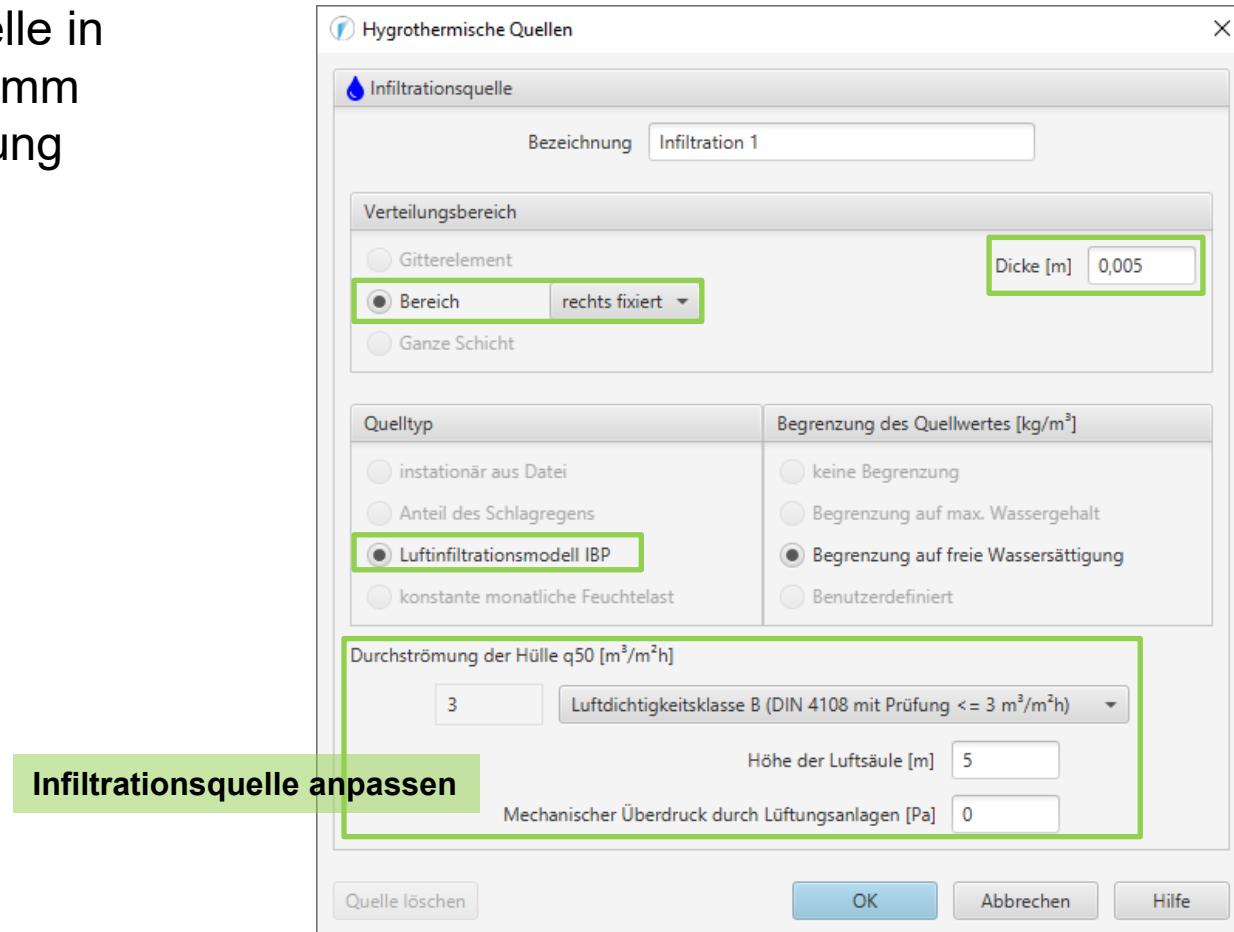
Infiltrationsquelle nach DIN 68800 in der Schalung berücksichtigen



Beispiel A: Infiltrationsquelle

Eingabe: Bauteil – Aufbau

Infiltrationsquelle in
den inneren 5 mm
der Holzschalung



Beispiel A: Anfangsbedingungen

Eingabe: Bauteil – Anfangsbedingungen

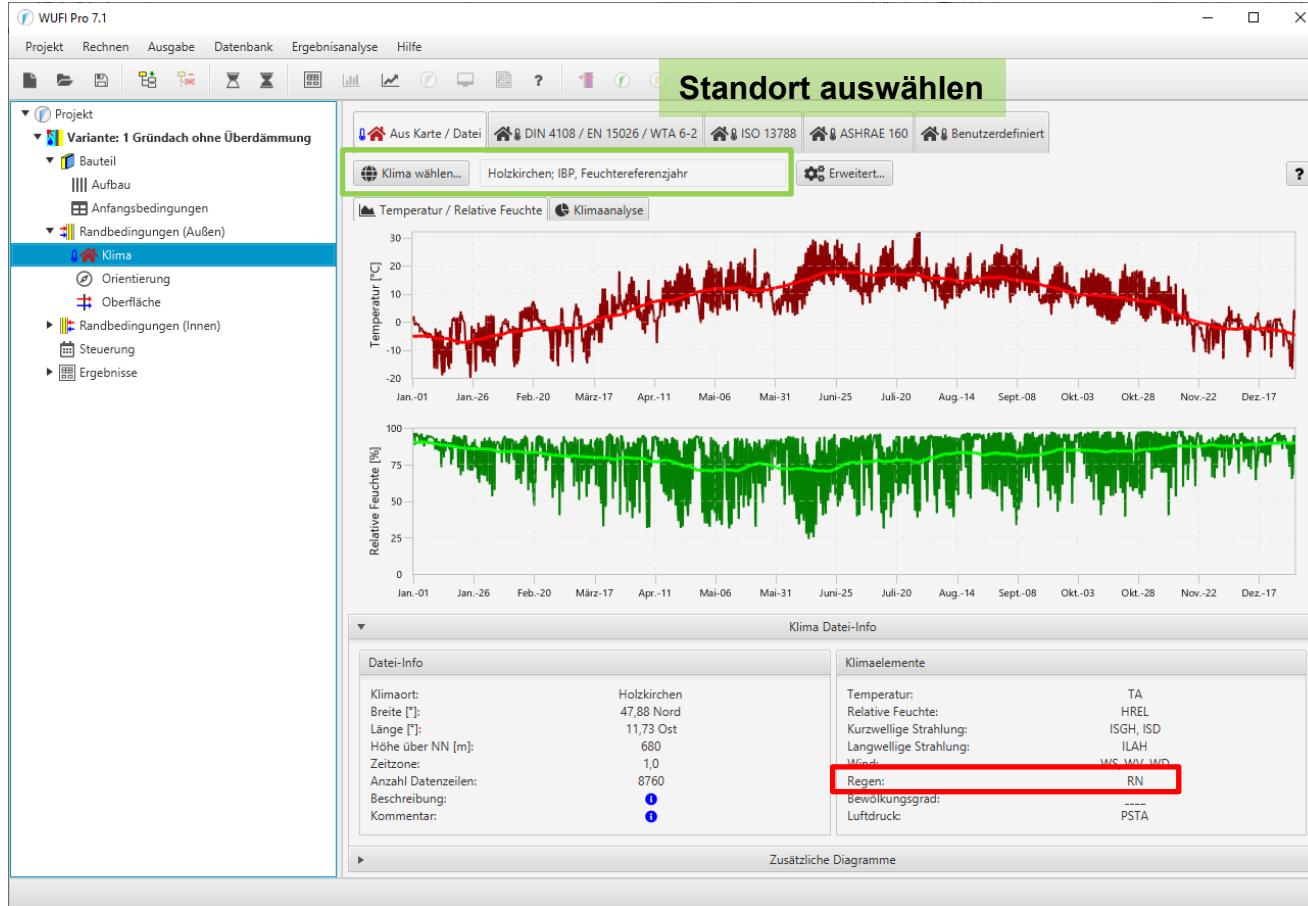
The screenshot shows the WUFI Pro 7.1 software interface. The left sidebar shows the project structure: Projekt, Variante: 1 Gründach ohne Überdämmung, Bauteil, Aufbau, Anfangsbedingungen (selected), Randbedingungen (Außen), Randbedingungen (Innen), Steuerung, and Ergebnisse. The main area has tabs for Anfangstemperatur and Anfangsfeuchte. Under Anfangstemperatur, 'Über das Bauteil konstant' is selected with a value of 20°C. Under Anfangsfeuchte, 'Gleiche relative Feuchte in allen Schichten' is selected with a value of 0.8. A table below lists initial conditions for six layers:

Nr.	Material Schicht	Dicke [m]	Temperatur [°C]	Rel. Feuchte [-]	Wassergehalt [kg/m³]	Typische Baufeu...
1	Generisches Substrat	0,06	20	0,8	12	1
2	Dampfbremse (sd=300m) - entriegelt	0,001	20	0,8	0,001881	0,001881
3	Weichholz (Schalung, dünne Schichten)	0,025	20	0,8	60	60
4	Mineralfaser (Wärmeleit: 0,04 W/mK)	0,24	20	0,8	1,787	1,787
5	ISOVER Vario KM Duplex	0,001	20	0,8	3,5	3,5
6	Gipskartonplatte	0,0125	20	0,8	6,3	6,3

A green box at the bottom right contains the text 'Keine Änderungen erforderlich' (No changes required).

Beispiel A: Außenklima

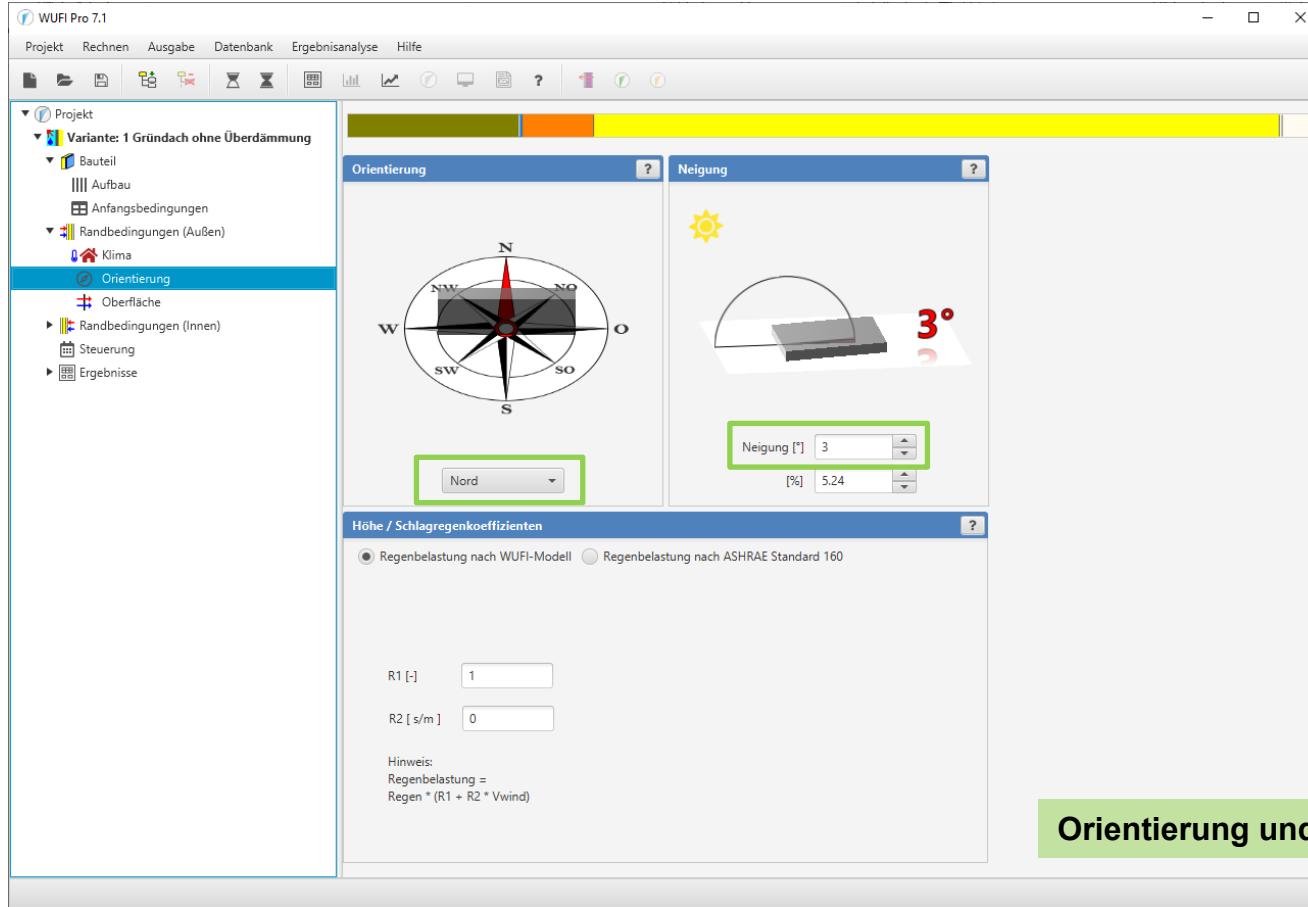
Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Klima



Hinweis:
Das generische Gründachmodell ist auch für Klimadaten ohne langwellige Abstrahlung geeignet. Regendaten sind aber notwendig!

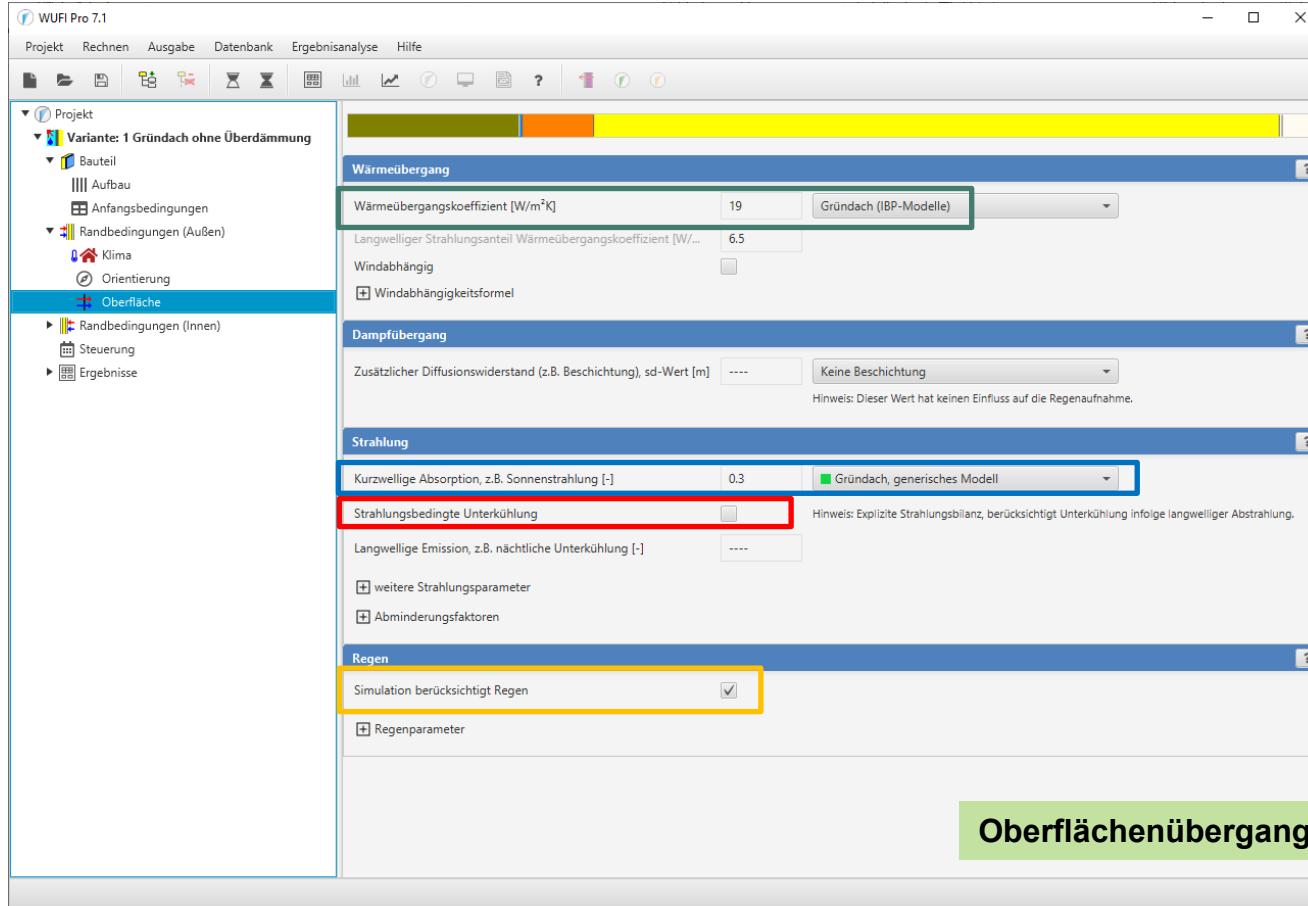
Beispiel A: Orientierung / Neigung

Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Orientierung



Beispiel A: Oberflächenübergangskoeffizienten (außen)

Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Oberfläche



**Wärmeübergangskoeffizient
(aus Liste: Gründach)**

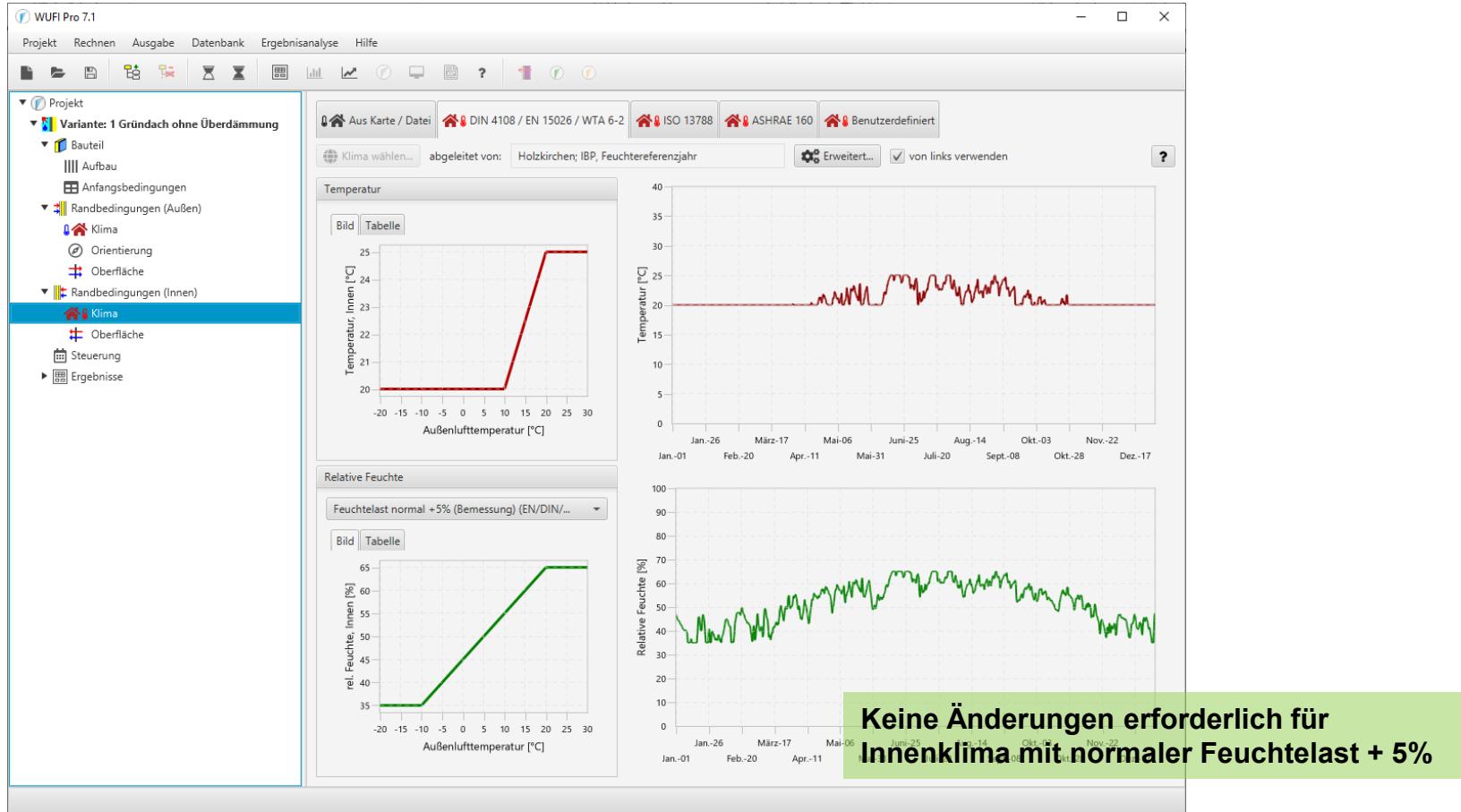
**Absorption
(aus Liste: Gründach,
generisches Modell)**

**KEINE strahlungs-
bedingte Unterkühlung
beim generischen Ansatz**

Regen wird berücksichtigt

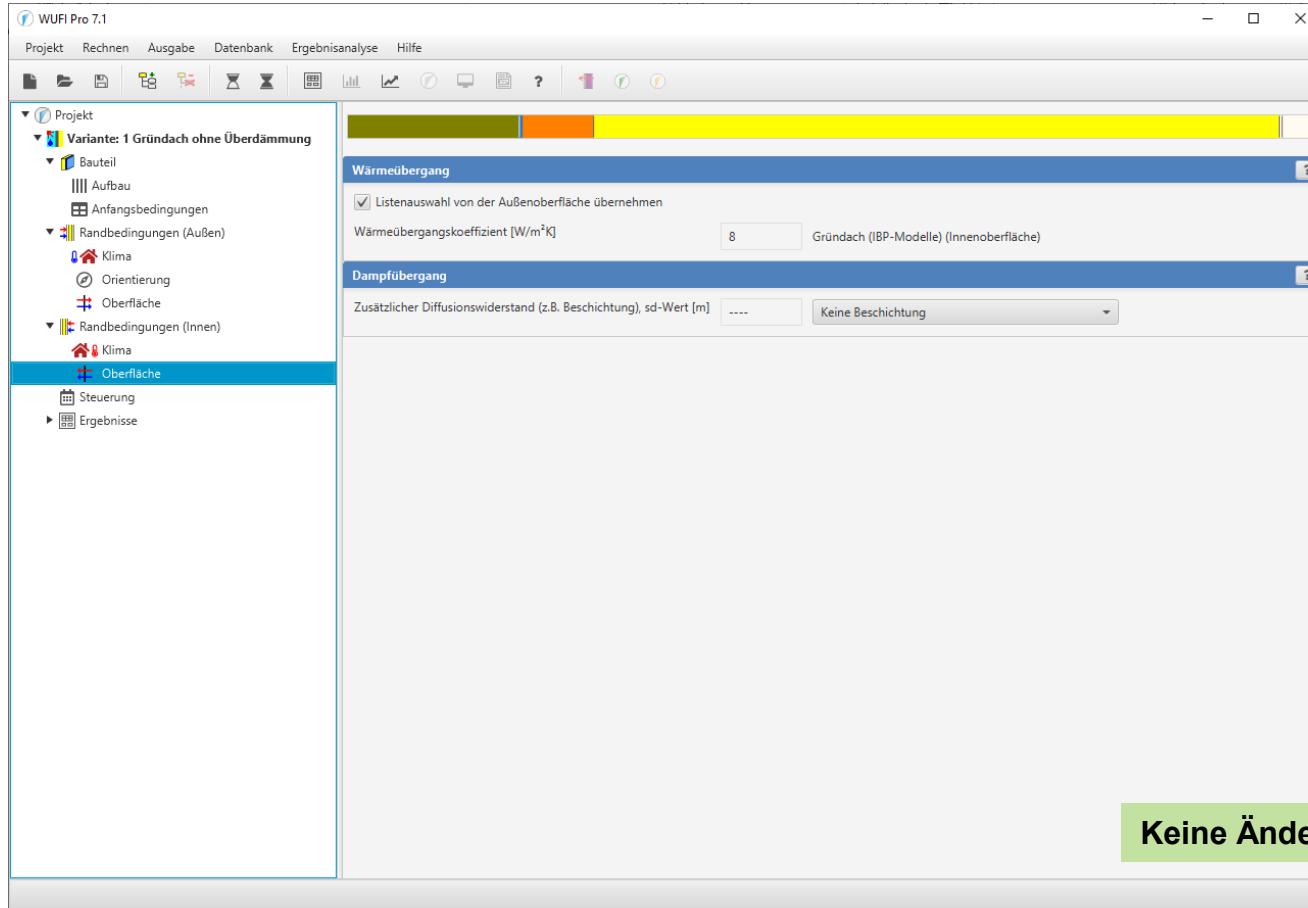
Beispiel A: Innenklima

Eingabe: Randbedingungen (Innen) – Klima



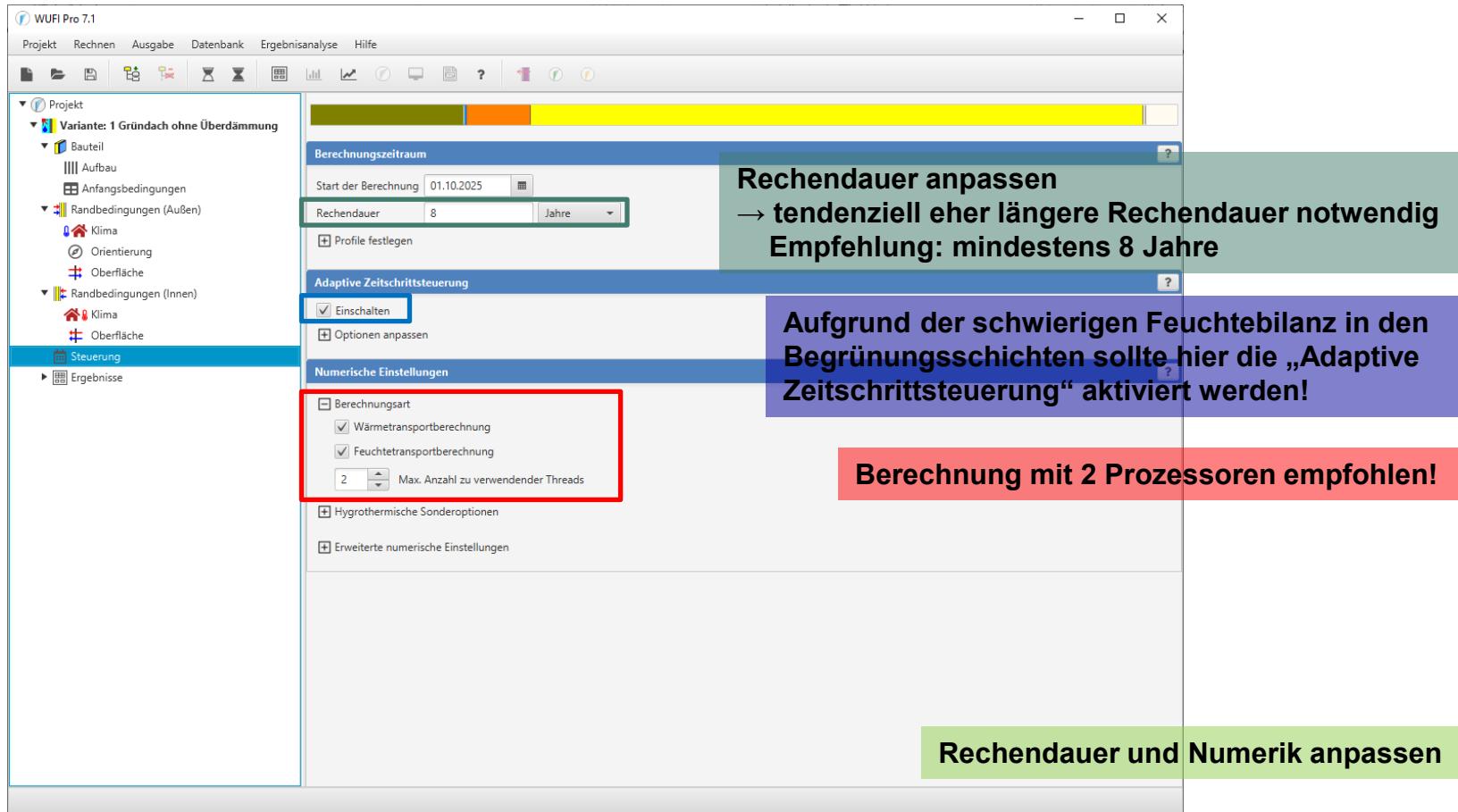
Beispiel A: Oberflächenübergangskoeffizienten (innen)

Eingabe: Randbedingungen (Innen) – Oberfläche



Beispiel A: Rechendauer und Numerik

Eingabe: Steuerung

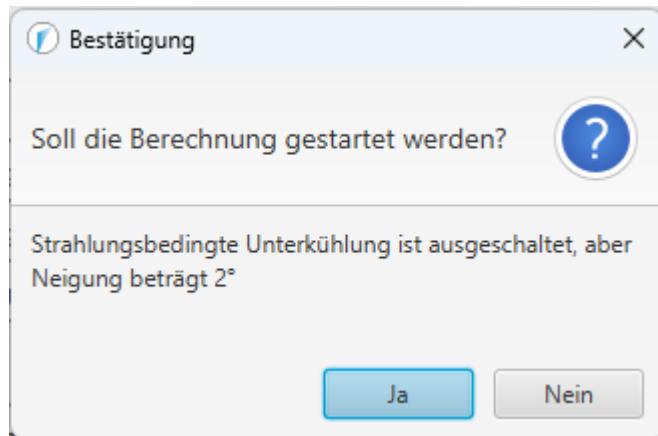


Beispiel A: Hinweis bei Berechnungsstart

Berechnungsstart:

Hinweis:

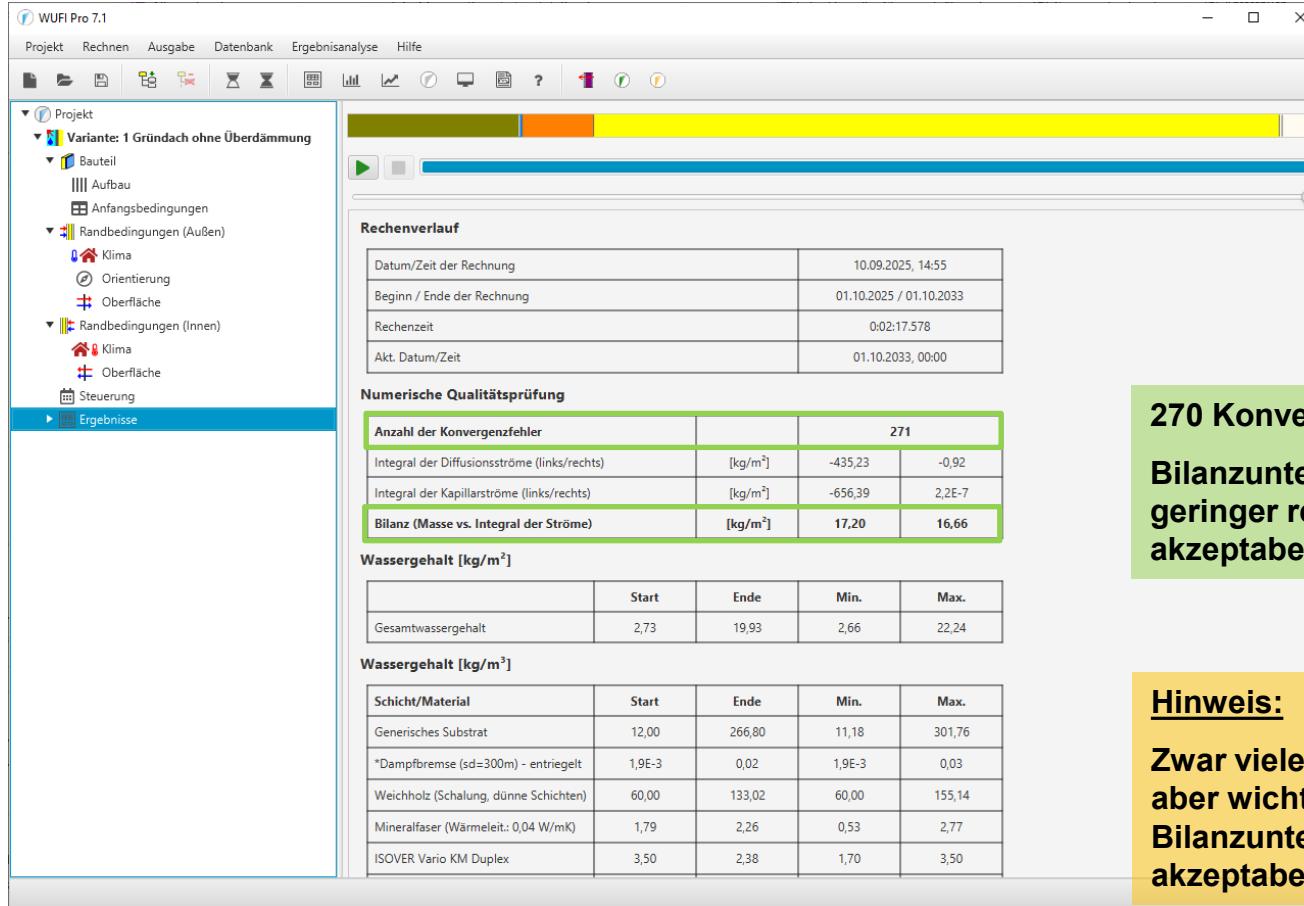
Nach dem Starten der Berechnung erscheint folgende Warnung:



→ zur Berechnung eines Gründachs mit dem generischen Gründachmodell kann diese Warnung ignoriert werden!

Beispiel A: Auswertung – Numerische Qualitätsprüfung

Ergebnisse:



270 Konvergenzfehler

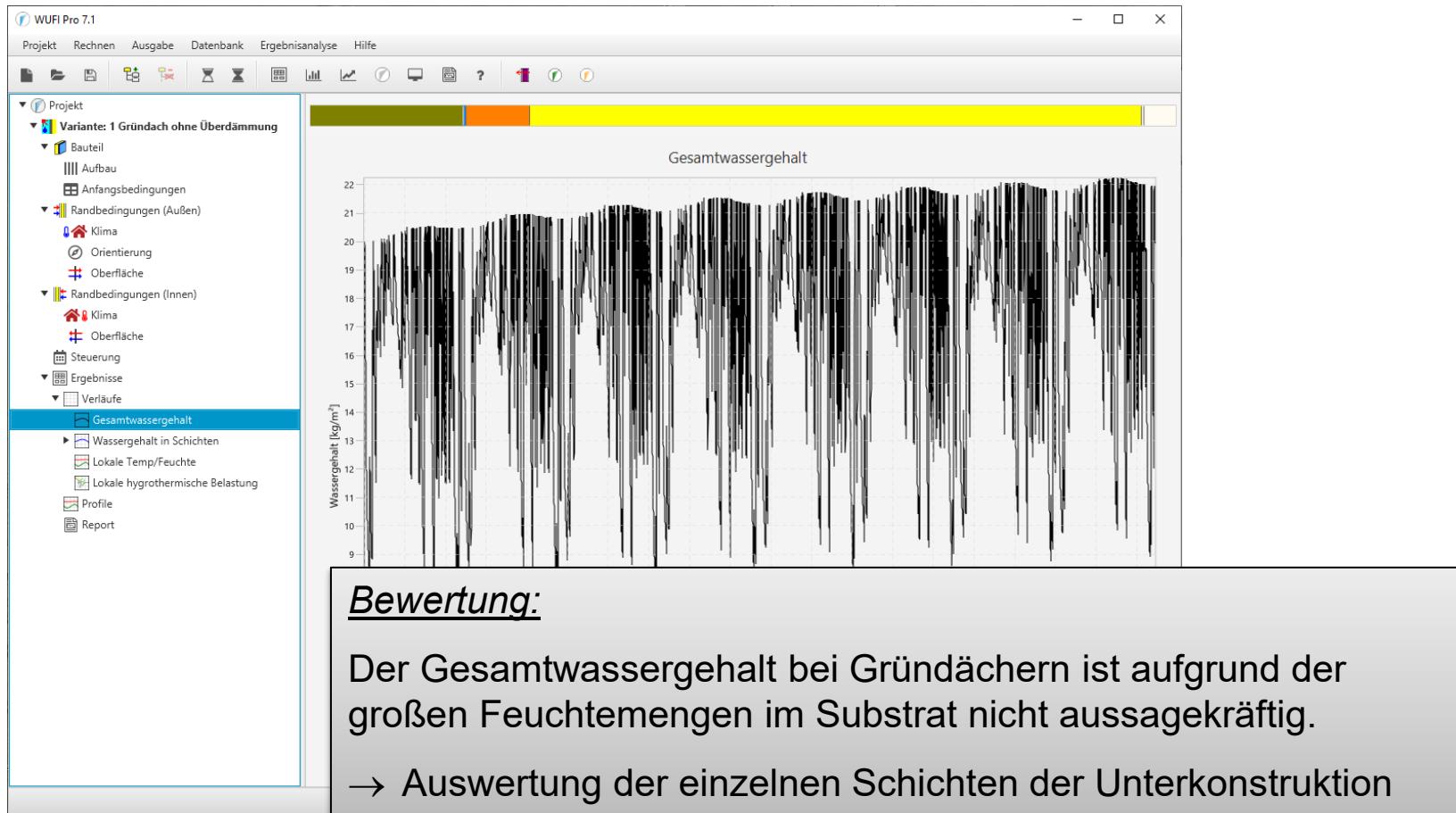
Bilanzunterschiede aufgrund geringer relativer Differenzen akzeptabel!

Hinweis:

Zwar viele Konvergenzfehler, aber wichtiger sind die Bilanzunterschiede, die hier akzeptabel sind.

Beispiel A: Auswertung Gesamtwassergehalt

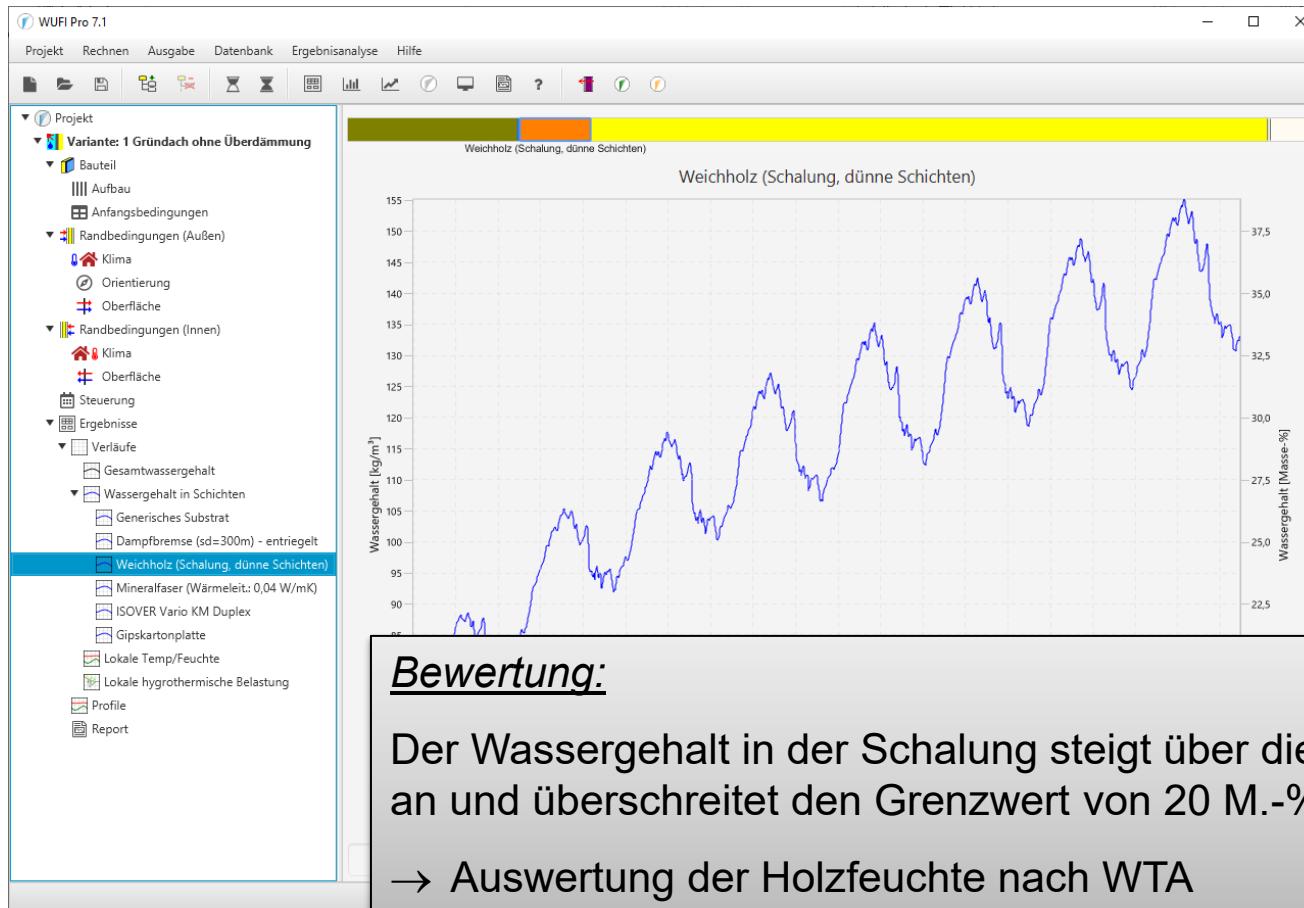
Auswertung: Gesamtwassergehalt



Beispiel A: Auswertung Holzschalung

Auswertung:

Wassergehalt der Schalung



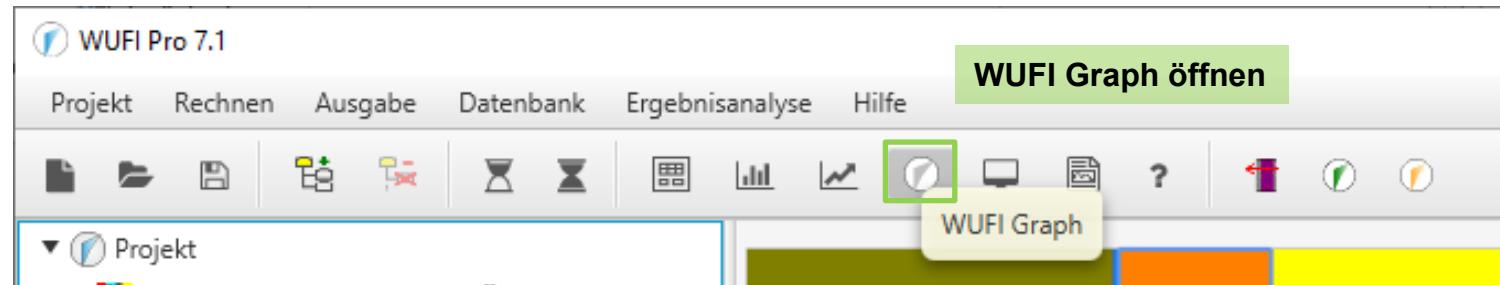
Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph:

Holzfeuchte in der Schalung nach WTA 6-8

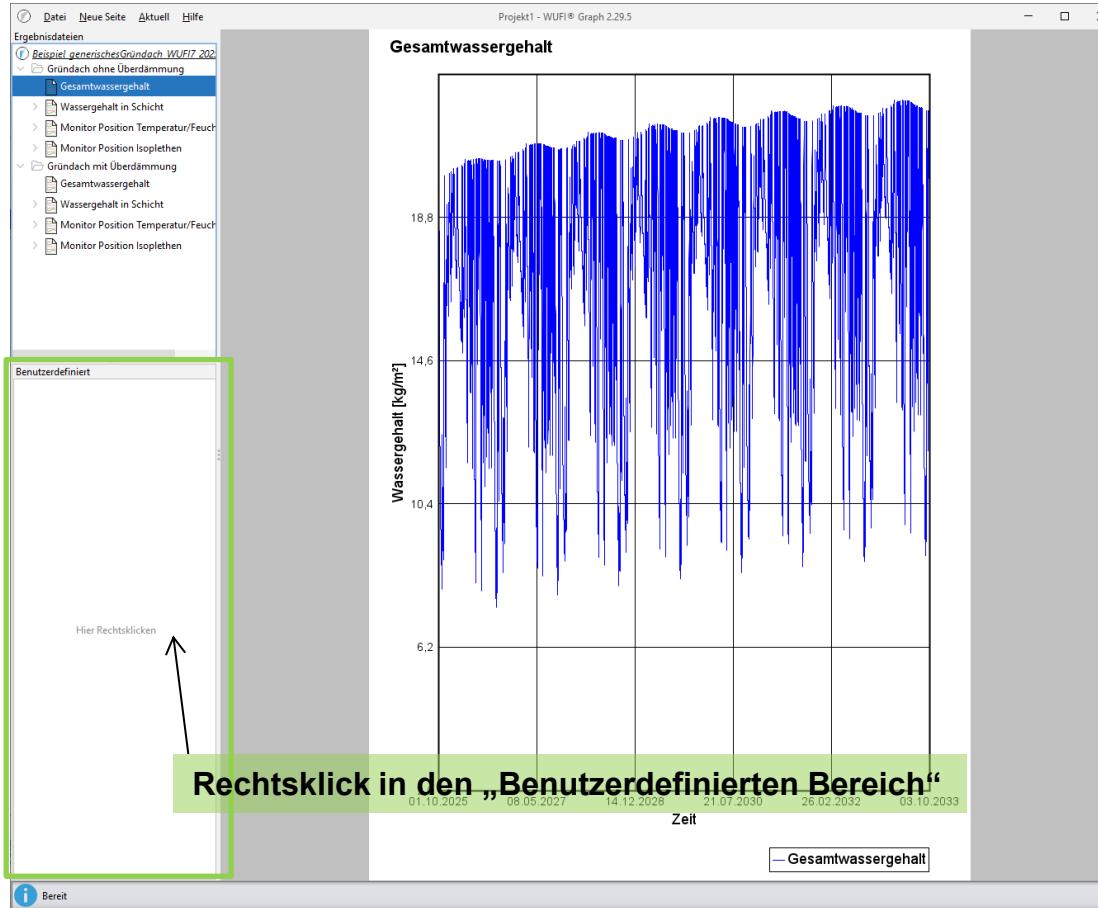
Hinweis:

Um WUFI® Graph öffnen zu können, muss das WUFI-Projekt zuerst gespeichert werden!



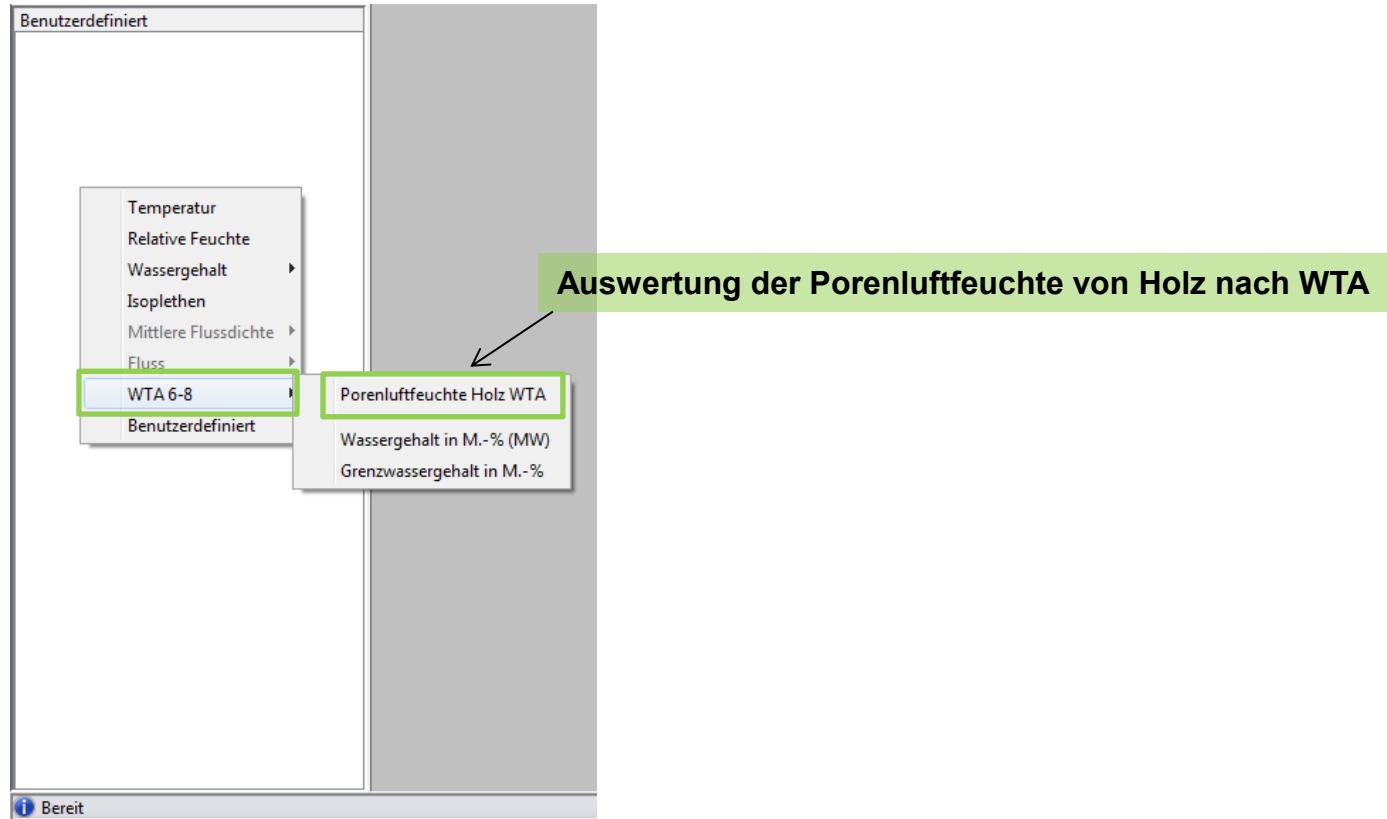
Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph: Holzfeuchte in der Schalung nach WTA 6-8



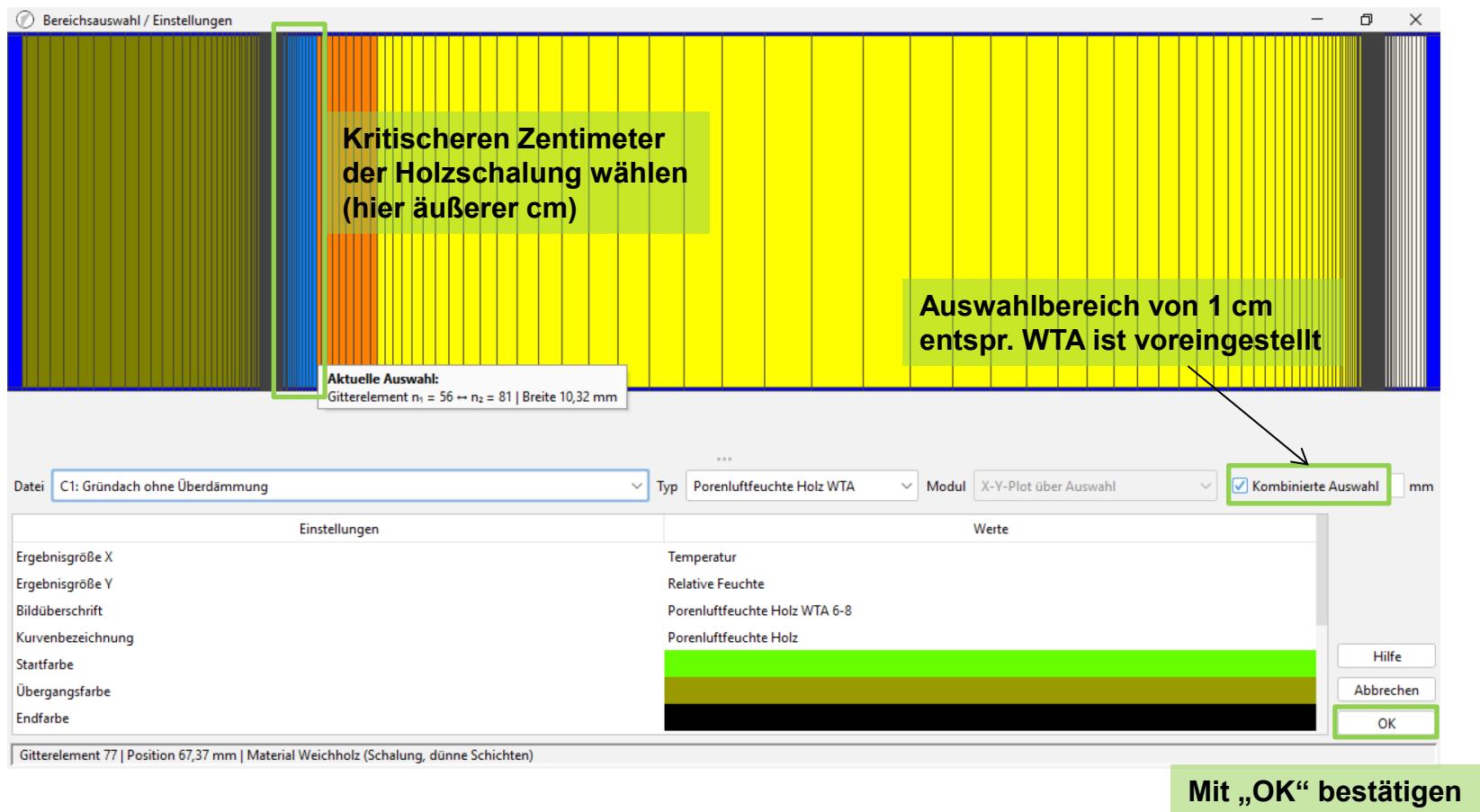
Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph:
Holzfeuchte in der Schalung nach WTA 6-8



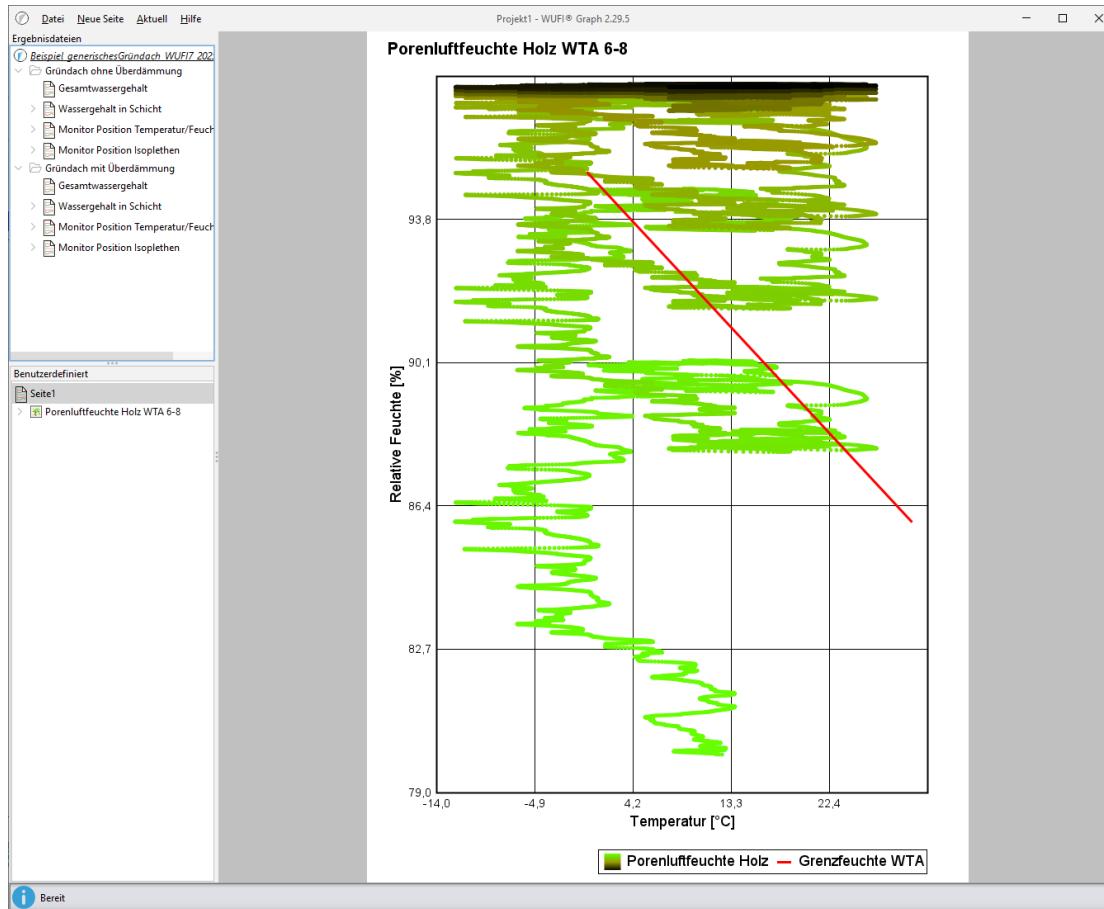
Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph:
Holzfeuchte in der Schalung nach WTA 6-8



Beispiel A: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph: Holzfeuchte in der Schalung nach WTA 6-8



Bewertung:

Die relative Porenluftfeuchte 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):

- Generisches Substrat 0,06 m
- Dampfbremse ($s_d = 300\text{m}$) 0,001 m
- EPS (Wärmeleitf.: 0,04 W/mK - Dichte 30 kg/m³) 0,1 m
- Dampfbremse ($s_d = 20\text{m}$) 0,001 m
- Holzschalung (Weichholz) 0,025 m
- Mineraldämmung (Wärmeleitfähigkeit 0,04 W/mK) 0,24 m
- feuchtevariable Dampfbremse (Vario KM Duplex) 0,001 m
- Gipskartonplatte 0,0125 m

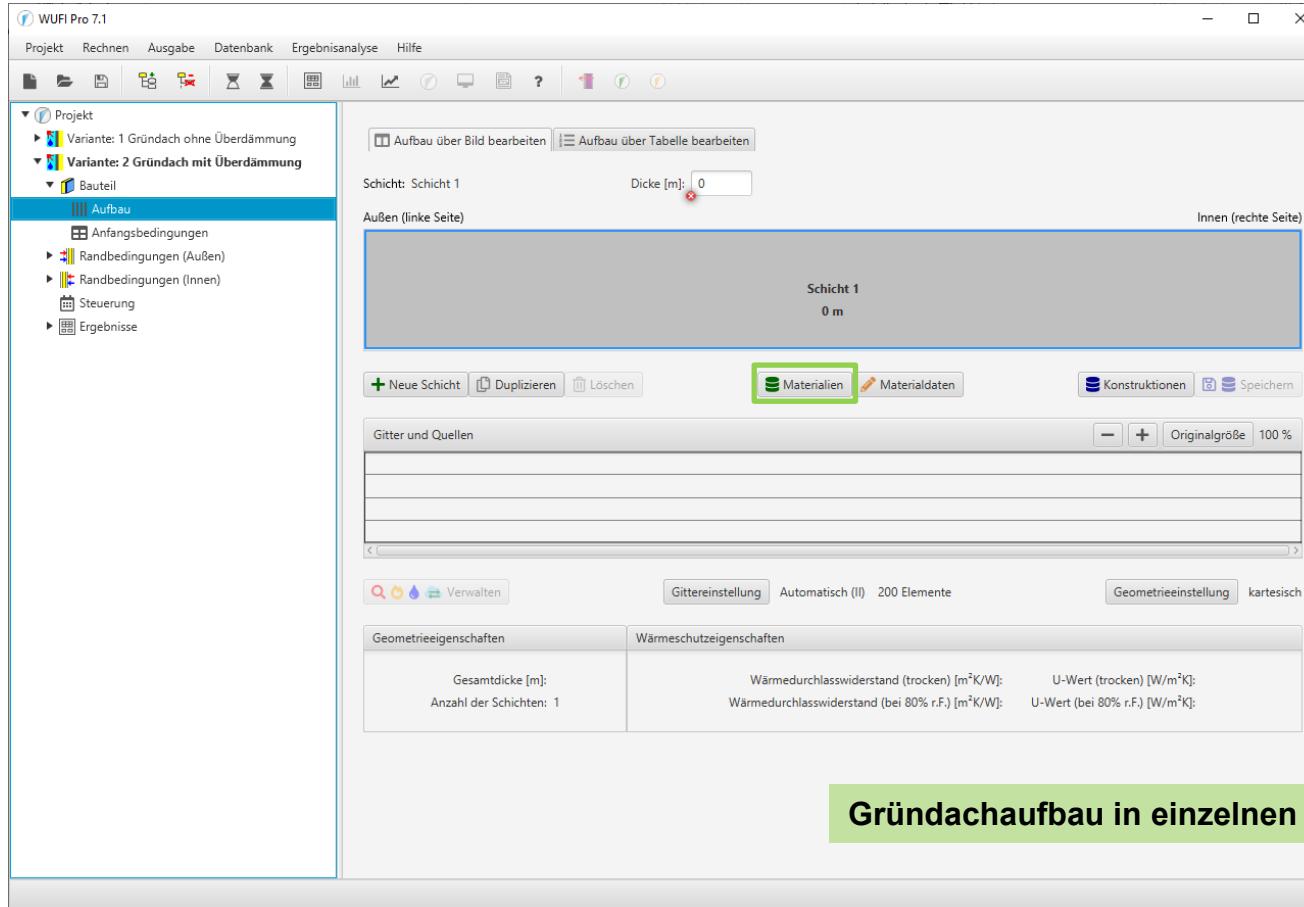
Beispiel B: Randbedingungen

Randbedingungen:

- Flachdach (3° nach Norden geneigt)
- Strahlung entsprechend „Gründach, generisches Modell“
kurzwellige Absorption: 0,3
langwellige Emission: ---
- 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 des zusammenhängenden beheizten Luftraums: 5 m

Beispiel B: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil – Aufbau



Beispiel B: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil – Aufbau

WUFI Materialien

Alle Materialien durchsuchen

Alle Quellen

WUFI

Fraunhofer Institut für Bauphysik

- Betone und Estriche
- Dämmstoffe
- Folien
- Grün- und Kiesdächer
- Hölzer und Werkstoffplatten
- Mauersteine
- Mörtel und Putze
- Natursteine

Generische Materialien

Australien & Neuseeland Datenbank

FabTrads, UCD Irische Datenbank

Japanische Datenbank

Koreanische Datenbank

LTH Universität von Lund

MASEA Datenbank

Materialien für thermische Berechnung

Nordamerikanische Datenbank

NTNU Norwegian University of Science and Technology

Obsolete Materialien

TU Wien - Institut für Baustofflehre

WUFI → Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) → Grün- und Kiesdächer

Materialname	Rohdichte [kg/m ³]	Porosität [m ³ /m ³]	Wärmekap. [J/kgK]	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 Lösung 1	OPTIGRÜN				
Optigrün Naturdach Lösung 1	OPTIGRÜN				
Optigrün Schrägdach 5° - 45°	OPTIGRÜN				
Optigrün Spardach Lösung 1	OPTIGRÜN				
Optigrün Spardach Lösung 2	OPTIGRÜN				

Hygrothermische Funktionen

Materialinformationen

Feuchtespeicherfunktion

Nr.	R.F. [-]	Wassergehalt [kg/m ³]
1	0	0
2	0,1	0,347
3	0,2	0,779
4	0,3	1,33
5	0,4	2,07
6	0,5	3,09
7	0,55	3,77
8	0,6	4,62
9	0,65	5,69

Approximieren

Approximationsparameter:

Bezugsfeuchtegehalt [kg/m³]: 12

Freie Wassersättigung [kg/m³]: 300

Wassergehalt [kg/m³]

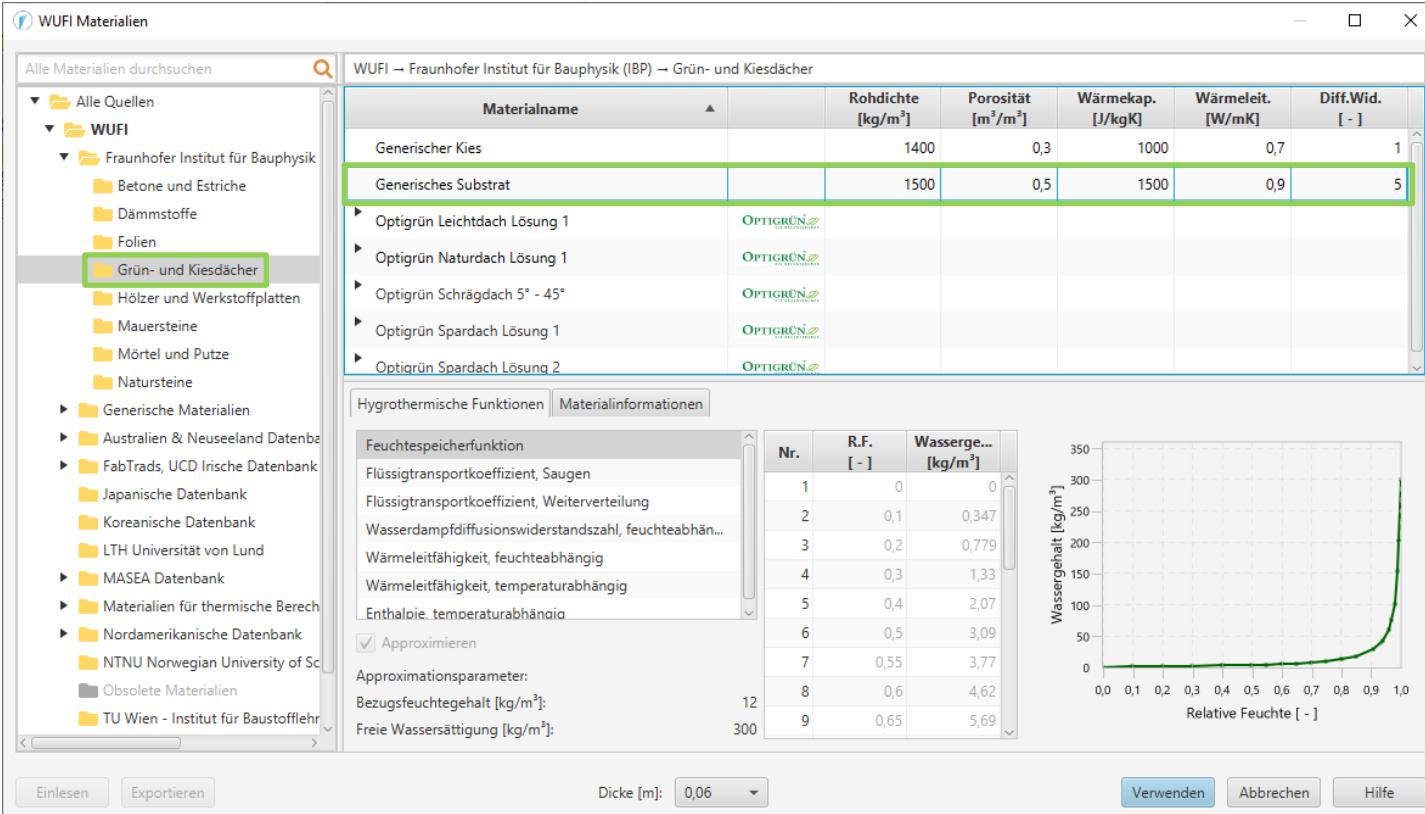
Relative Feuchte [-]

Dicke [m]: 0,06

Verwenden

Abbrechen

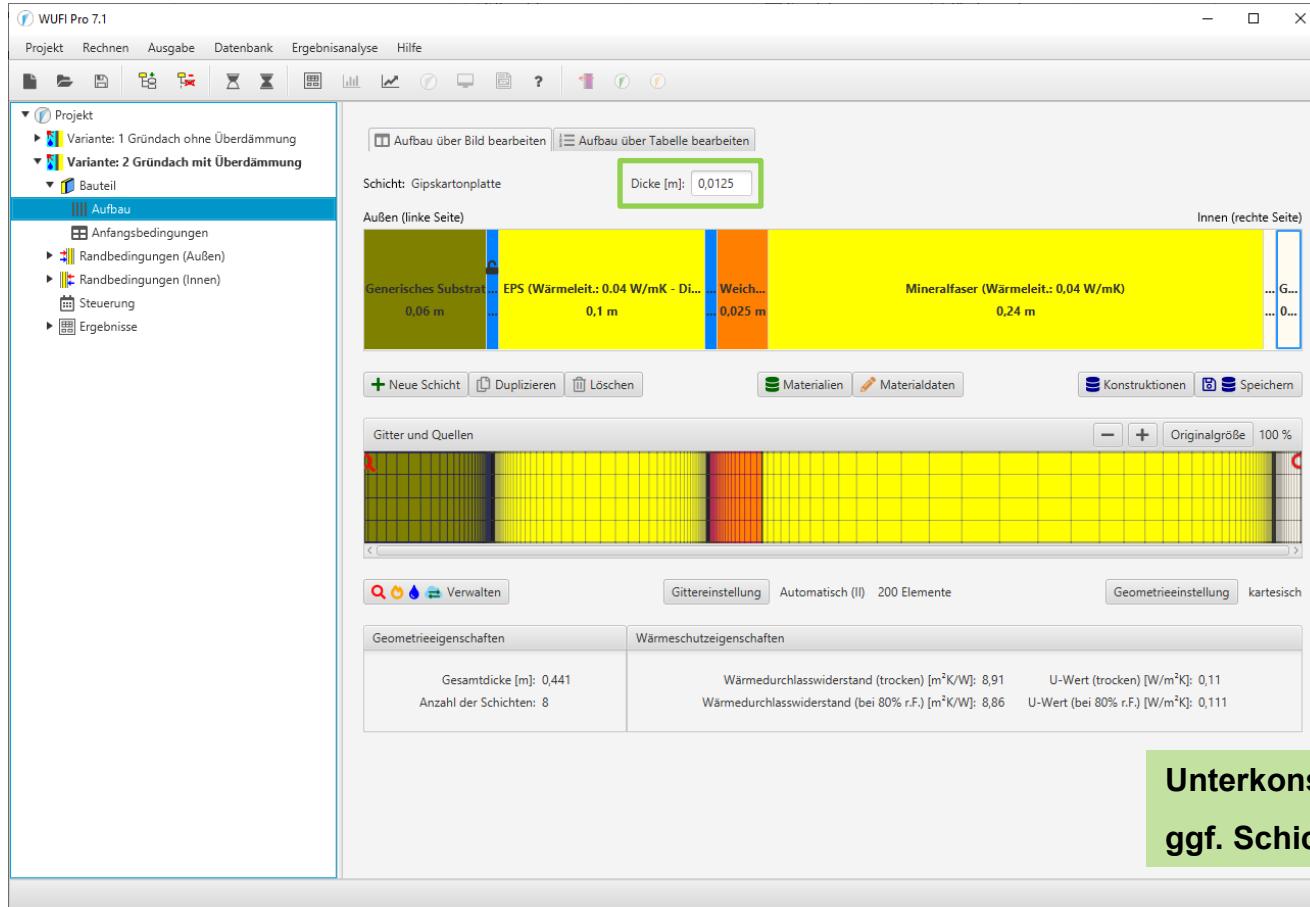
Hilfe



Grün- und Kiesdächer → Generisches Substrat

Beispiel B: Bauteilaufbau

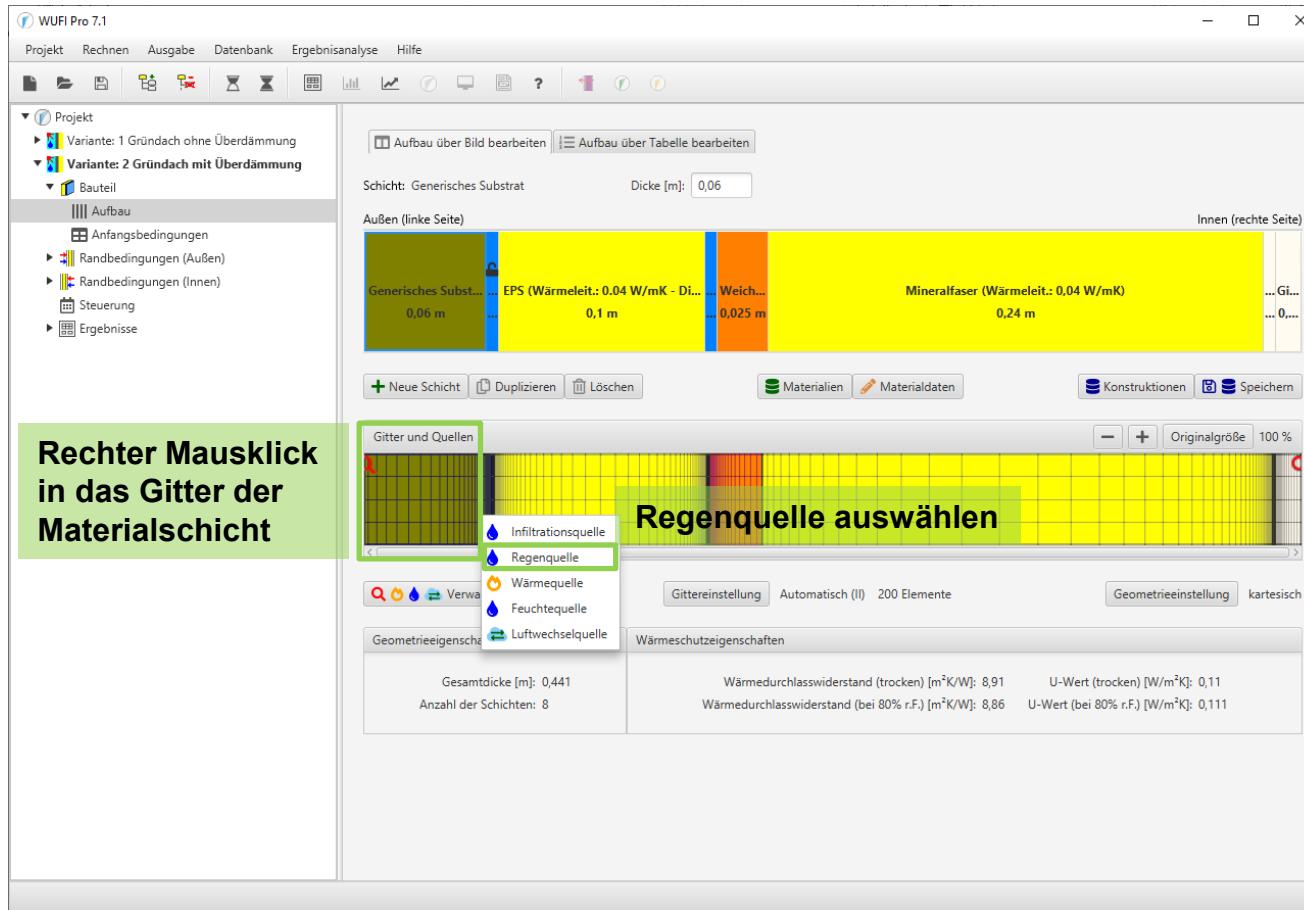
Eingabe: Bauteil – Aufbau



Beispiel B: Feuchtequelle im Substrat

Eingabe: Bauteil – Aufbau

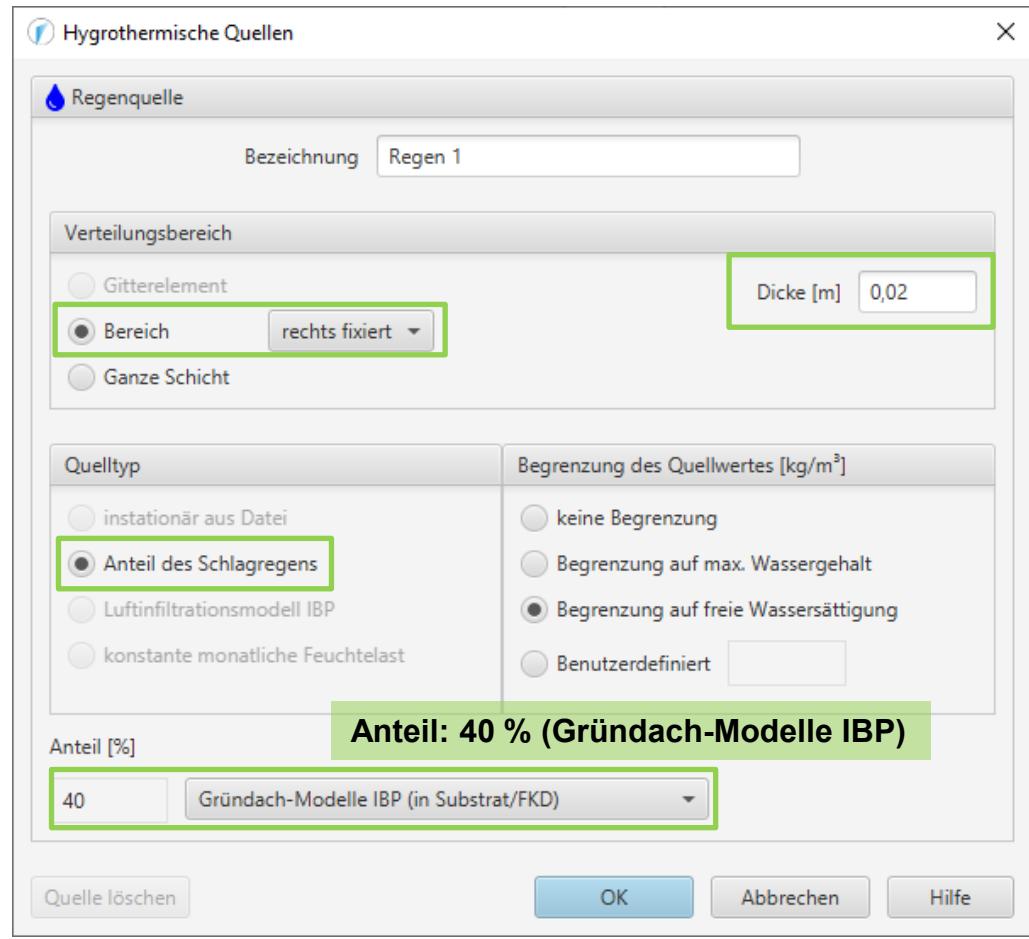
Feuchtequelle in die Schicht „Generisches Substrat“ einfügen



Beispiel B: Feuchtequelle im Substrat

Eingabe: Bauteil – Aufbau

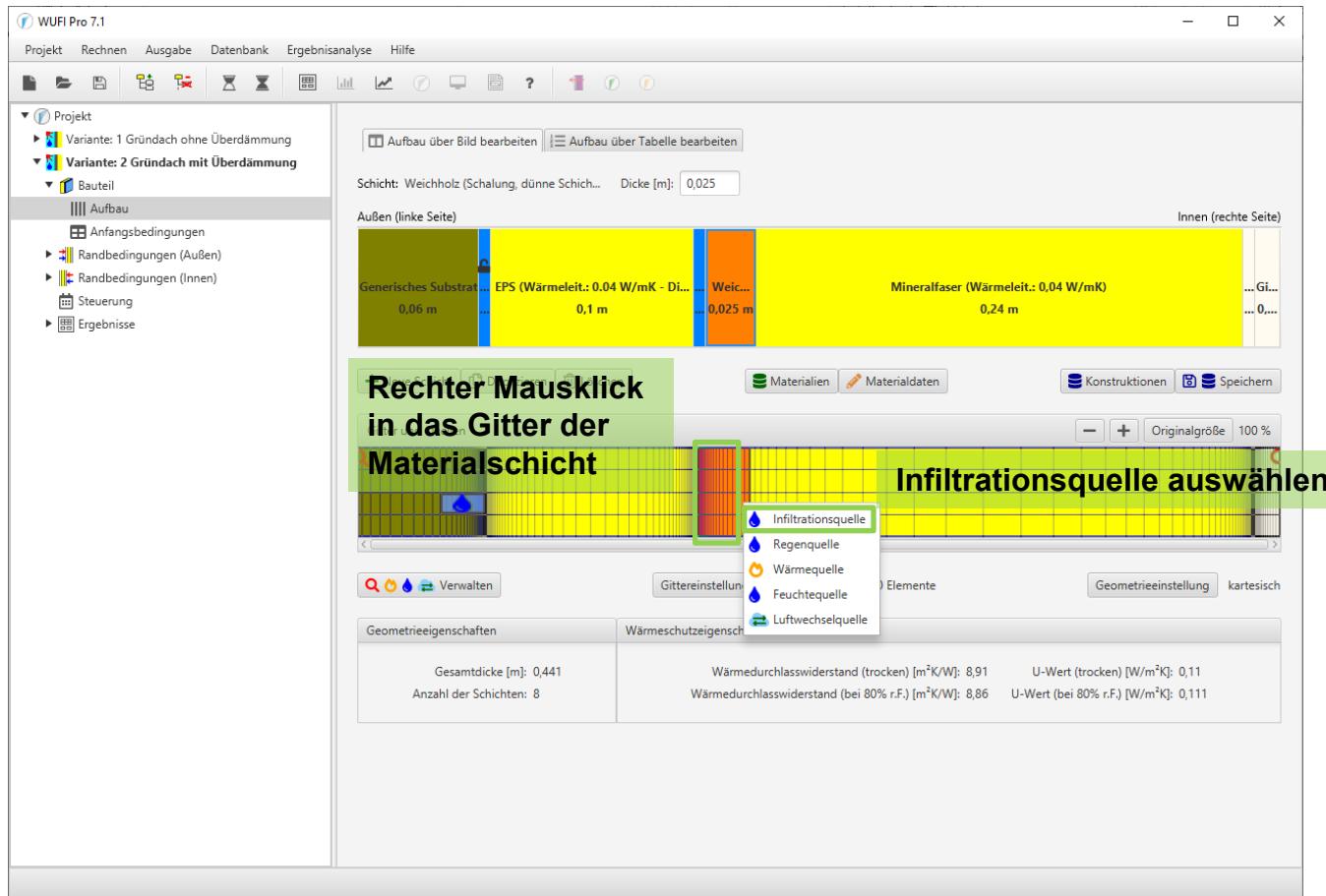
Feuchtequelle in die unteren 2 cm der Substratschicht



Beispiel B: Infiltrationsquelle

Eingabe: Bauteil – Aufbau

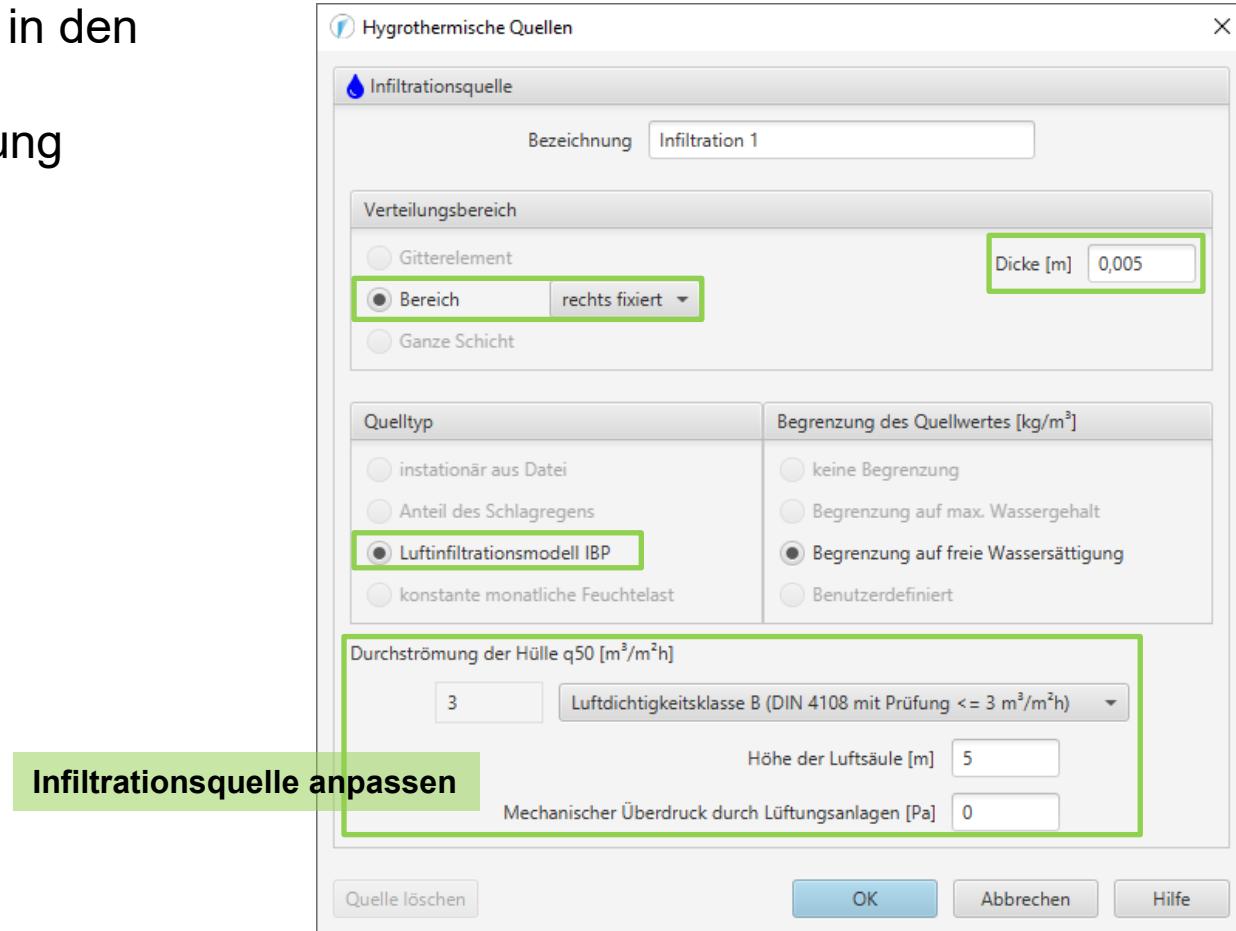
Infiltrationsquelle nach DIN 68800 in der Schalung berücksichtigen



Beispiel B: Infiltrationsquelle

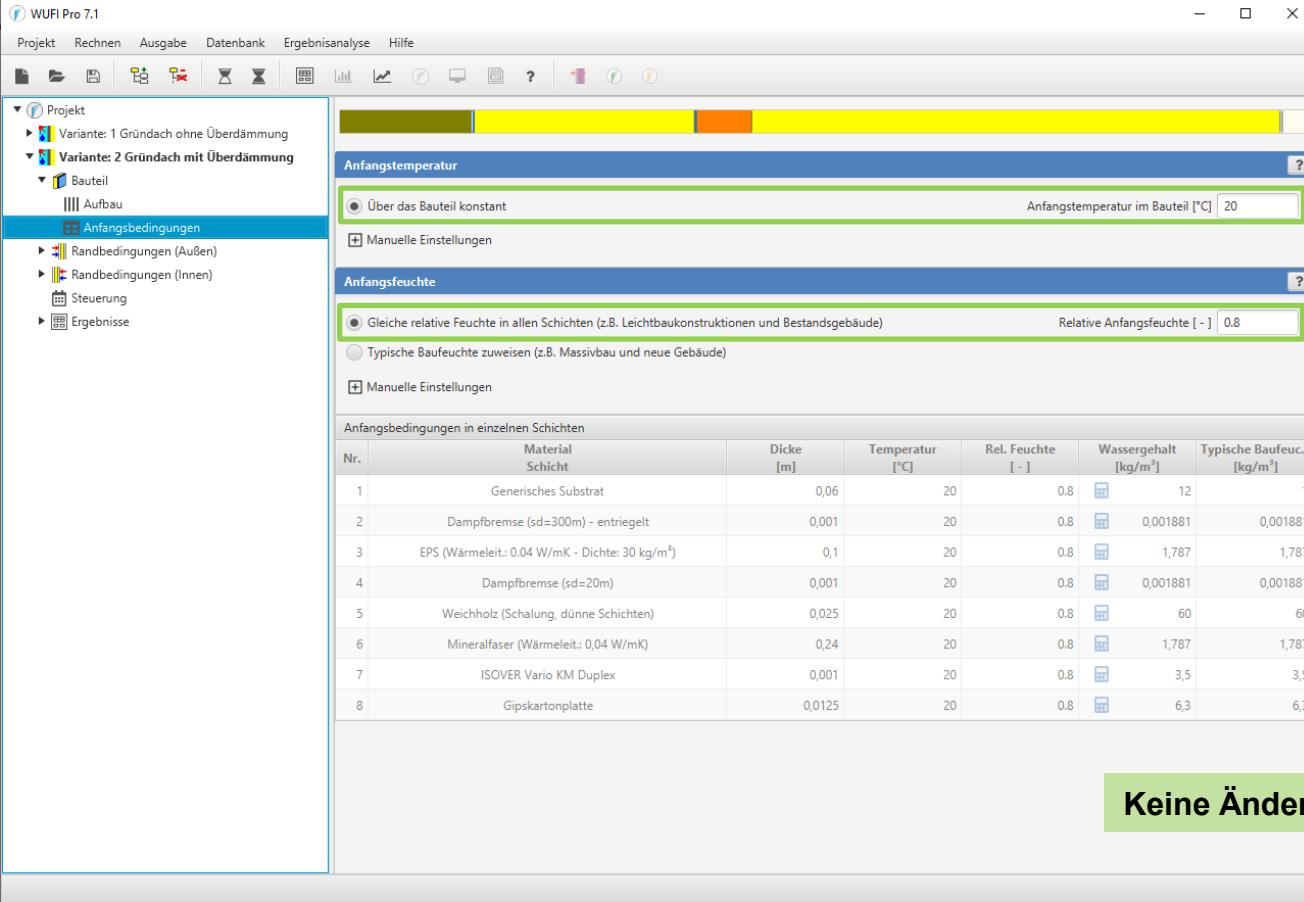
Eingabe: Bauteil – Aufbau

Feuchtequelle in den inneren 5 mm der Holzschalung



Beispiel B: Anfangsbedingungen

Eingabe: Bauteil – Anfangsbedingungen



The screenshot shows the WUFI Pro 7.1 software interface. The left sidebar displays the project structure:

- Projekt
 - Varianten: 1 Gründach ohne Überdämmung
 - Varianten: 2 Gründach mit Überdämmung
- Bauteil
 - Aufbau
 - Anfangsbedingungen
- Randbedingungen (Außen)
- Randbedingungen (Innen)
- Steuerung
- Ergebnisse

The main area shows the following input parameters:

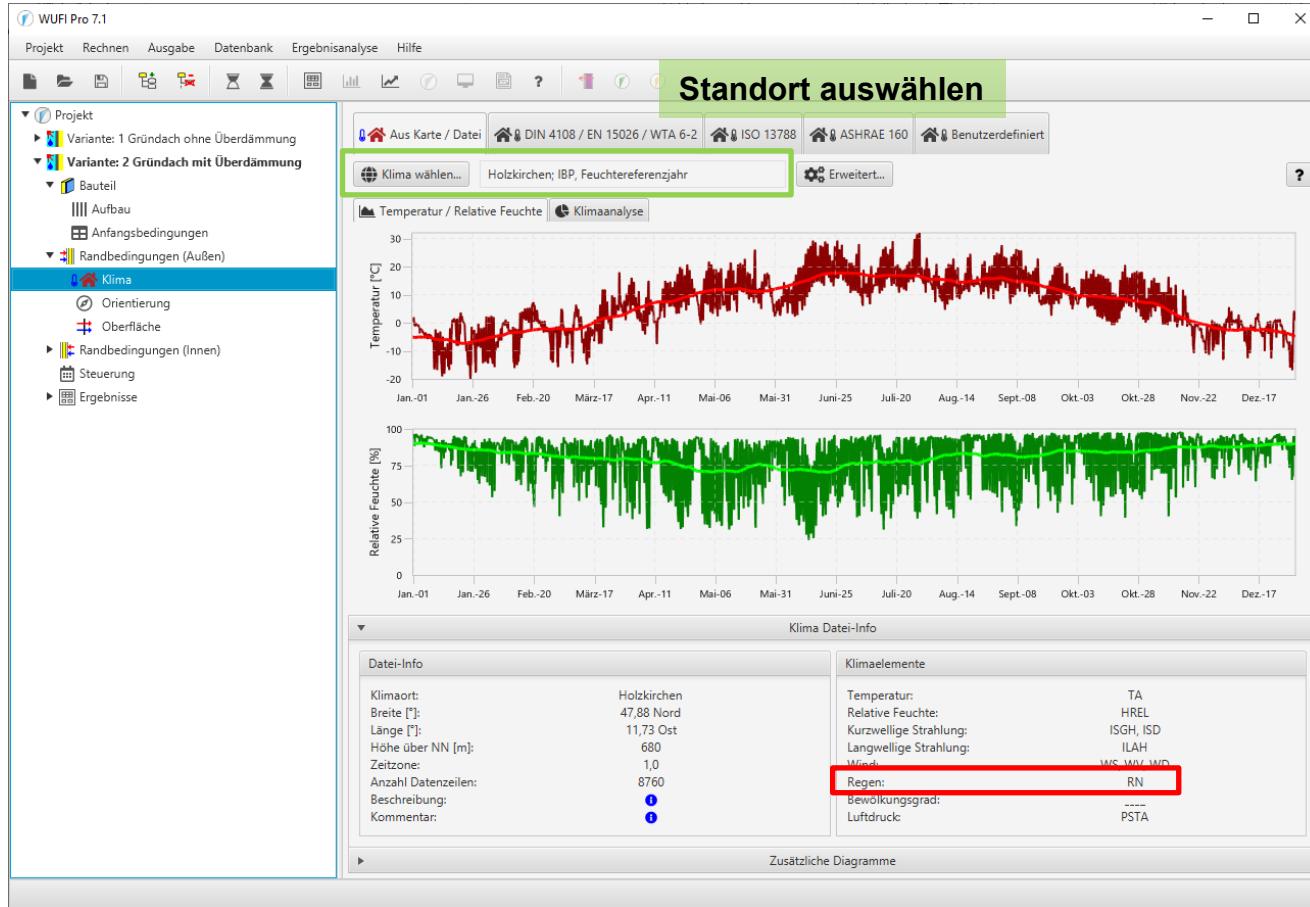
- Anfangstemperatur**: Über das Bauteil konstant (Initial temperature throughout the component) set to 20 °C.
- Anfangsfeuchte**: Gleiche relative Feuchte in allen Schichten (z.B. Leichtbaukonstruktionen und Bestandsgebäude) (Same relative humidity in all layers) set to 0.8.
- Anfangsbedingungen in einzelnen Schichten** (Initial conditions in individual layers):

Nr.	Material Schicht	Dicke [m]	Temperatur [°C]	Rel. Feuchte [-]	Wassergehalt [kg/m³]	Typische Baufeuchte [kg/m³]
1	Generisches Substrat	0,06	20	0.8	12	1
2	Dampfbremse ($sd=300\text{m}$) - entriegelt	0,001	20	0.8	0,001881	0,001881
3	EPS (Wärmeleit: 0,04 W/mK - Dichte: 30 kg/m³)	0,1	20	0.8	1,787	1,787
4	Dampfbremse ($sd=20\text{m}$)	0,001	20	0.8	0,001881	0,001881
5	Weichholz (Schalung, dünne Schichten)	0,025	20	0.8	60	60
6	Mineraldämm (Wärmeleit: 0,04 W/mK)	0,24	20	0.8	1,787	1,787
7	ISOVER Vario KM Duplex	0,001	20	0.8	3,5	3,5
8	Gipskartonplatte	0,0125	20	0.8	6,3	6,3

Keine Änderungen erforderlich (No changes required)

Beispiel B: Außenklima

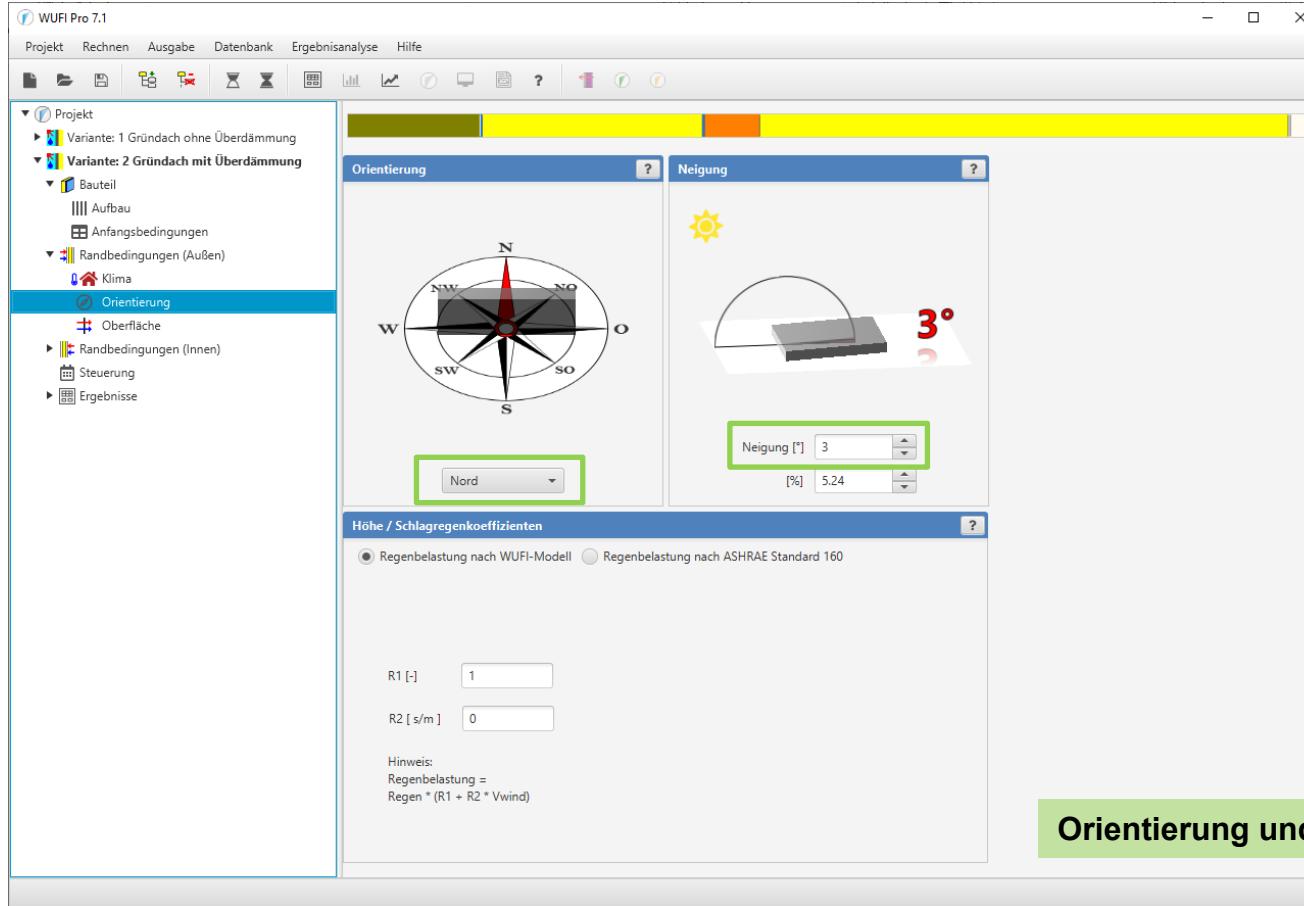
Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Klima



Hinweis:
Das generische Gründachmodell ist auch für Klimadaten ohne langwellige Abstrahlung geeignet. Regendaten sind aber notwendig!

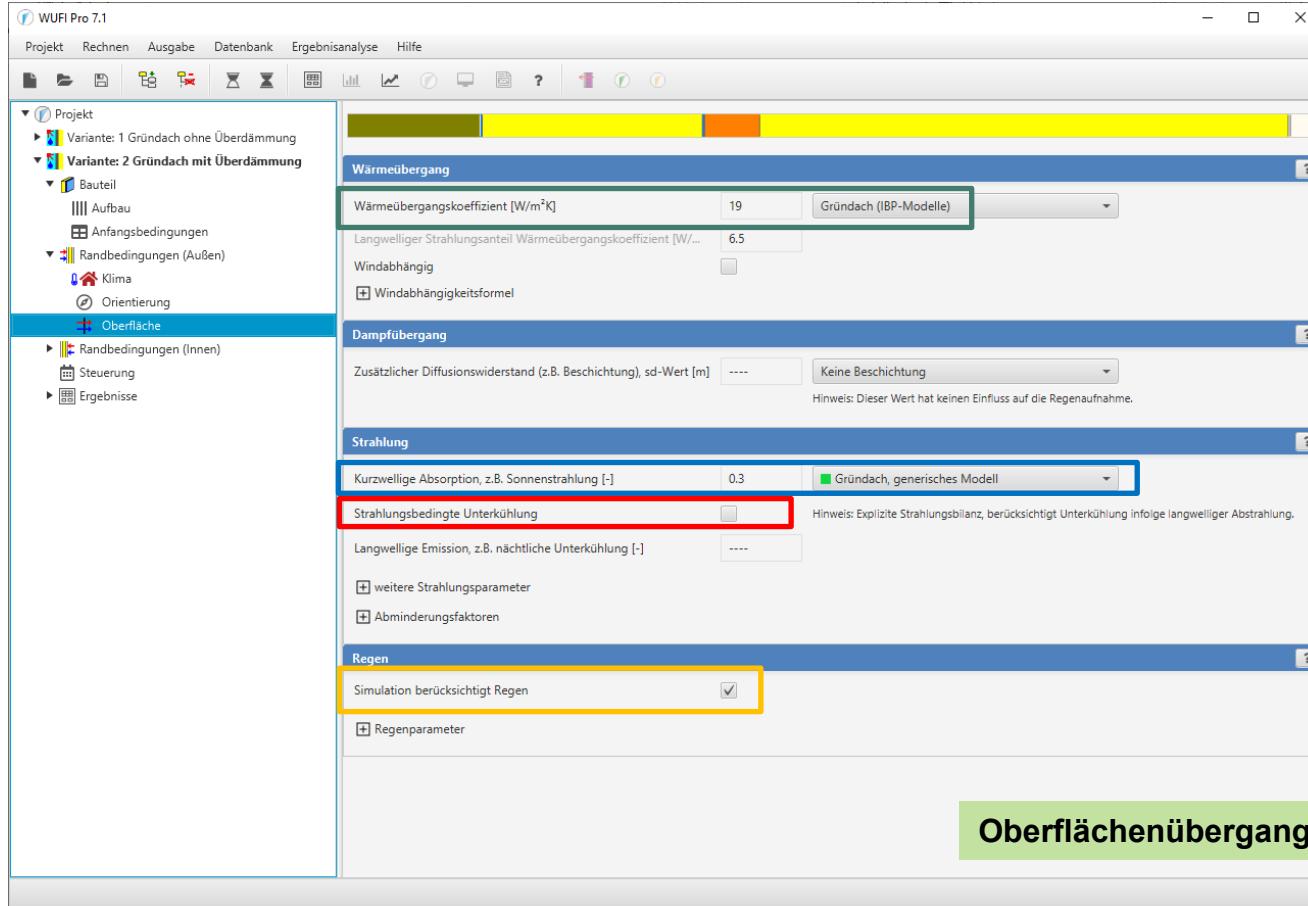
Beispiel B: Orientierung / Neigung

Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Orientierung



Beispiel B: Oberflächenübergangskoeffizienten (außen)

Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Oberfläche



**Wärmeübergangskoeffizient
(aus Liste: Gründach)**

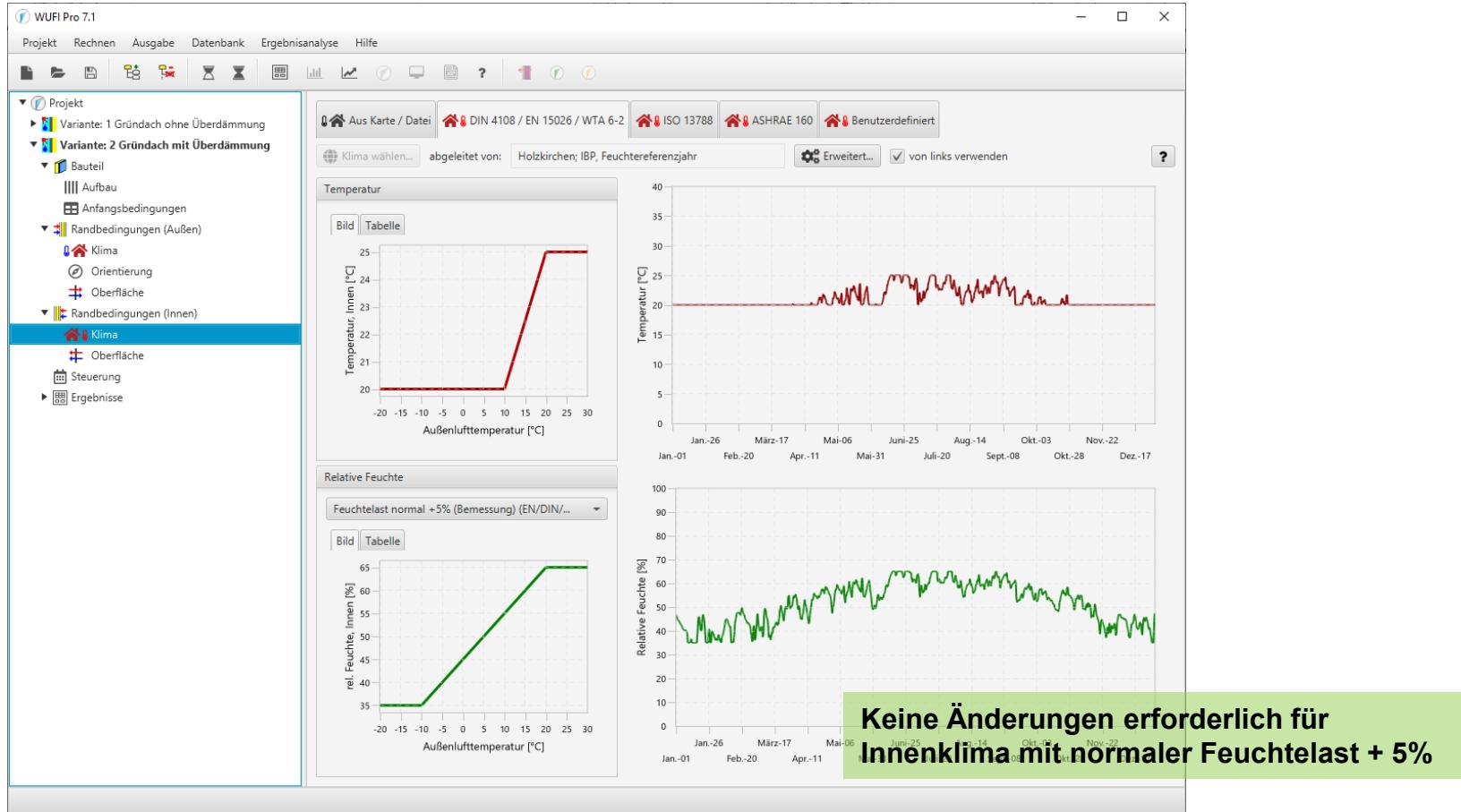
**Absorption
(aus Liste: Gründach,
generisches Modell)**

**KEINE strahlungs-
bedingte Unterkühlung
beim generischen Ansatz**

Regen wird berücksichtigt

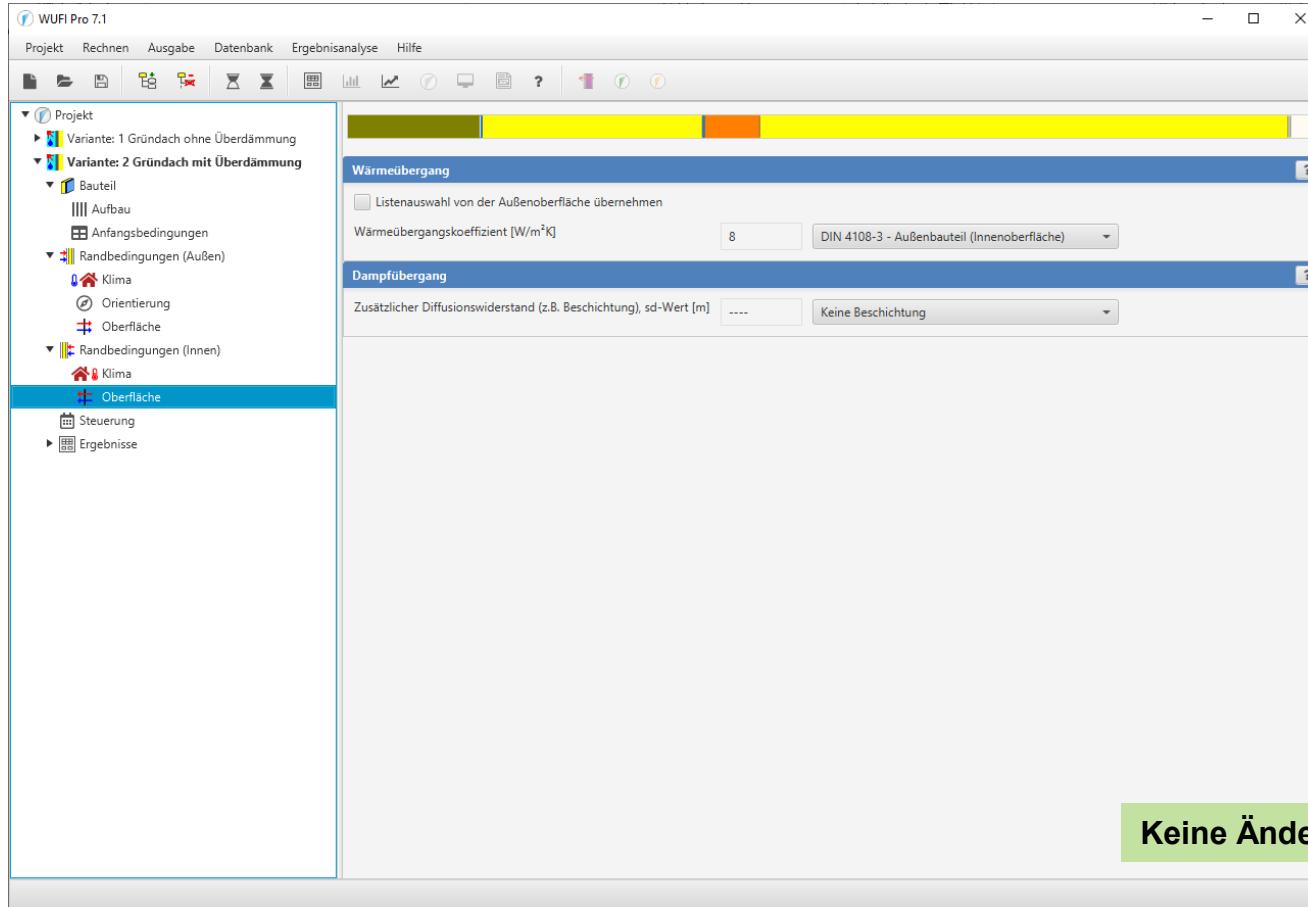
Beispiel B: Innenklima

Eingabe: Randbedingungen (Innen) – Klima



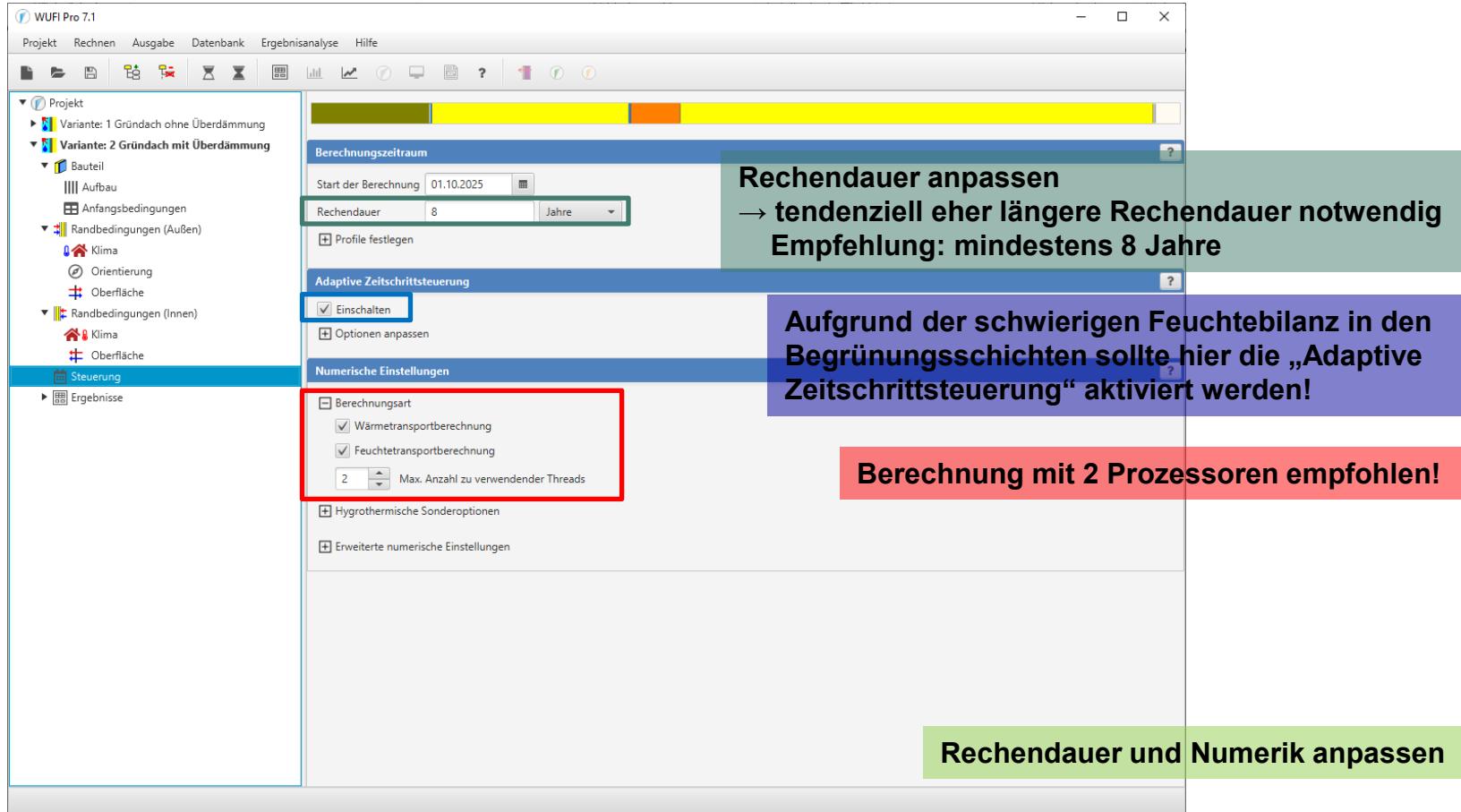
Beispiel B: Oberflächenübergangskoeffizienten (innen)

Eingabe: Randbedingungen (Innen) – Oberfläche



Beispiel B: Rechendauer und Numerik

Eingabe: Steuerung

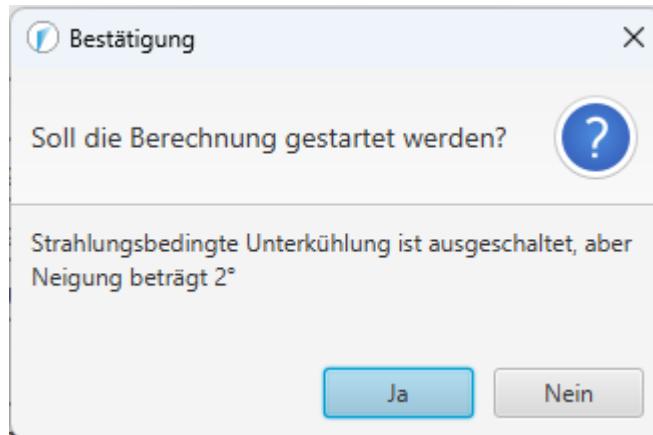


Beispiel B: Hinweis bei Berechnungsstart

Berechnungsstart:

Hinweis:

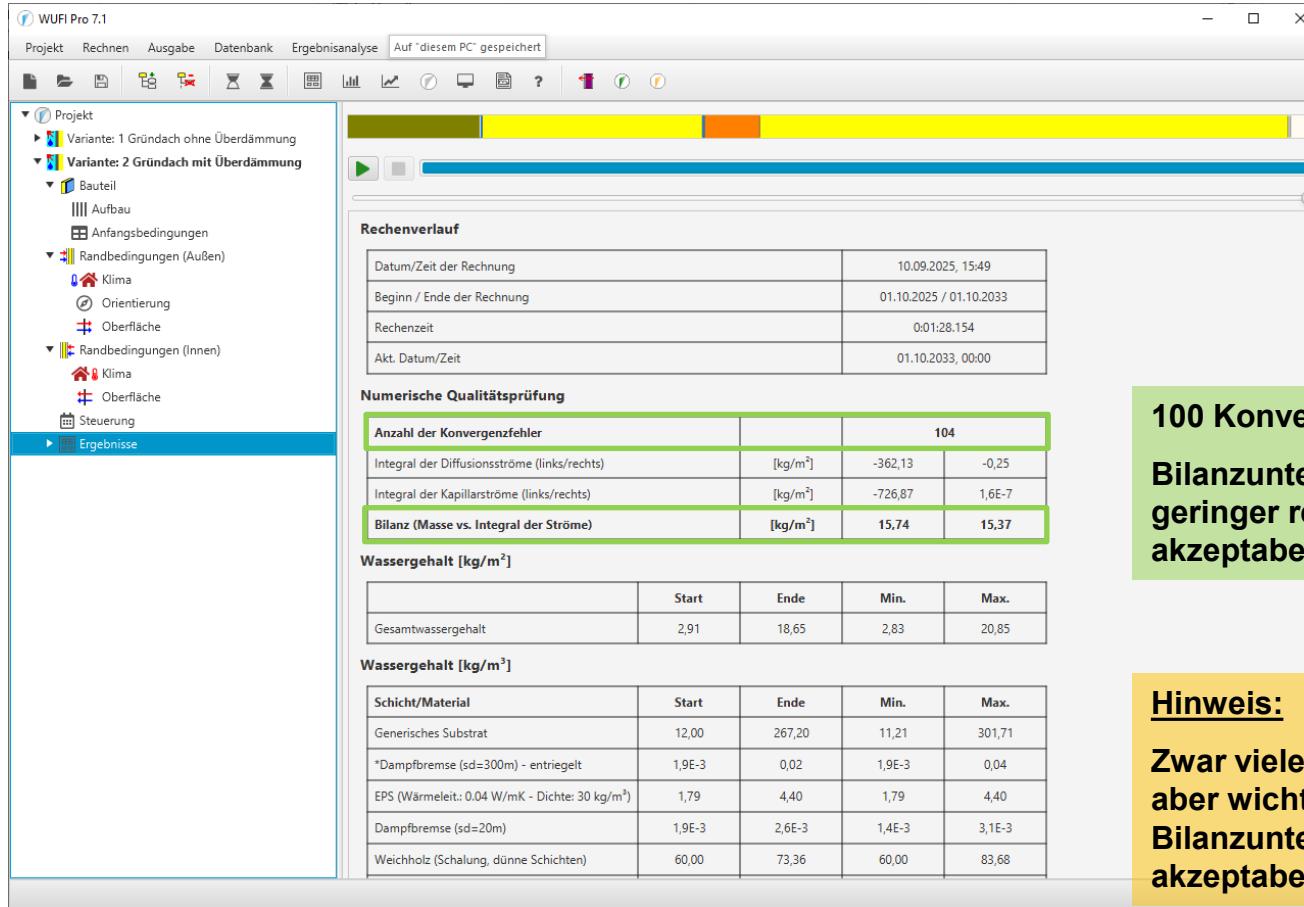
Nach dem Starten der Berechnung erscheint folgende Warnung:



→ zur Berechnung eines Gründachs mit dem generischen Gründachmodell kann diese Warnung ignoriert werden!

Beispiel B: Auswertung – Numerische Qualitätsprüfung

Ergebnisse:



100 Konvergenzfehler

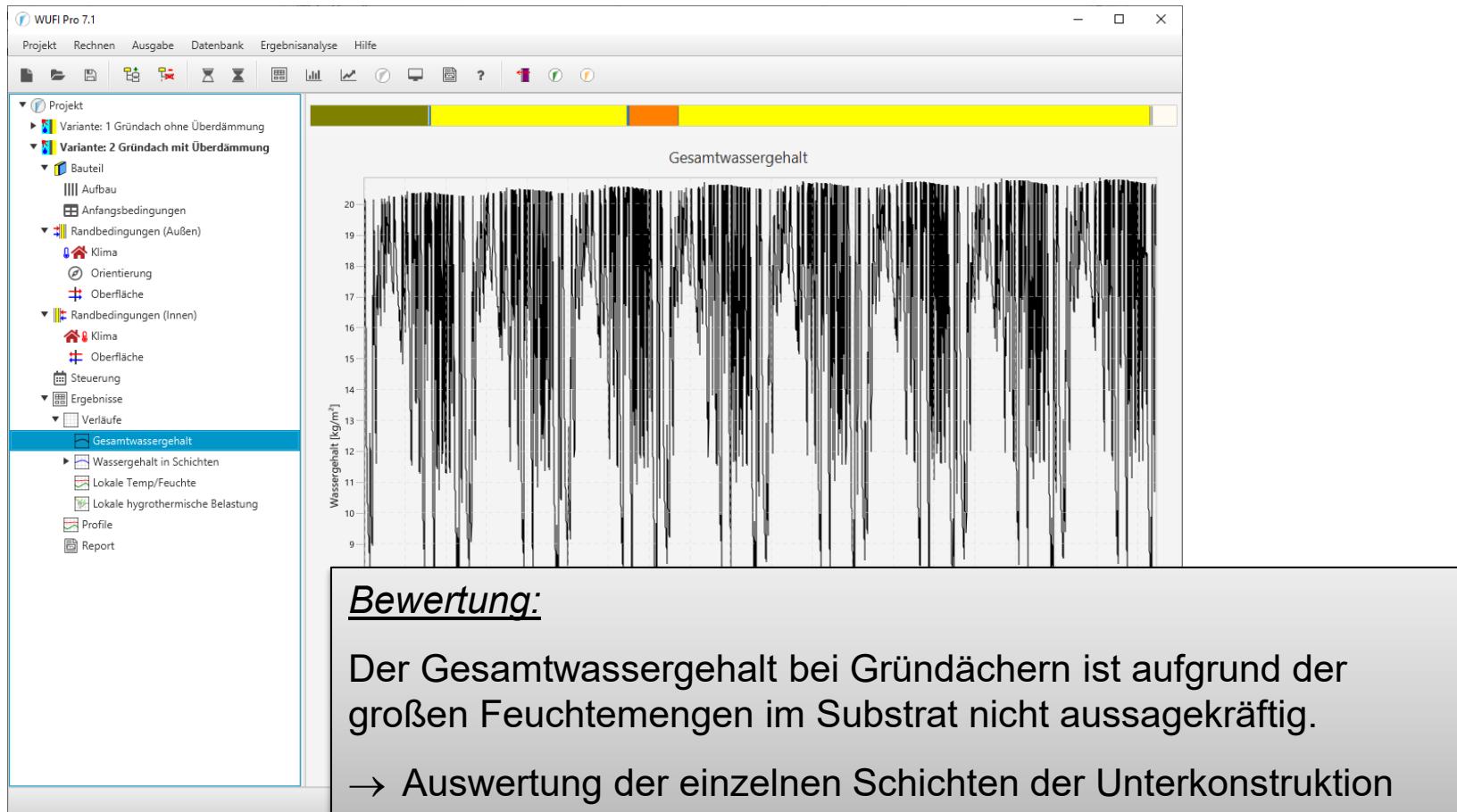
Bilanzunterschiede aufgrund
geringer relativer Differenzen
akzeptabel!

Hinweis:

Zwar viele Konvergenzfehler,
aber wichtiger sind die
Bilanzunterschiede, die hier
akzeptabel sind.

Beispiel B: Auswertung Gesamtwassergehalt

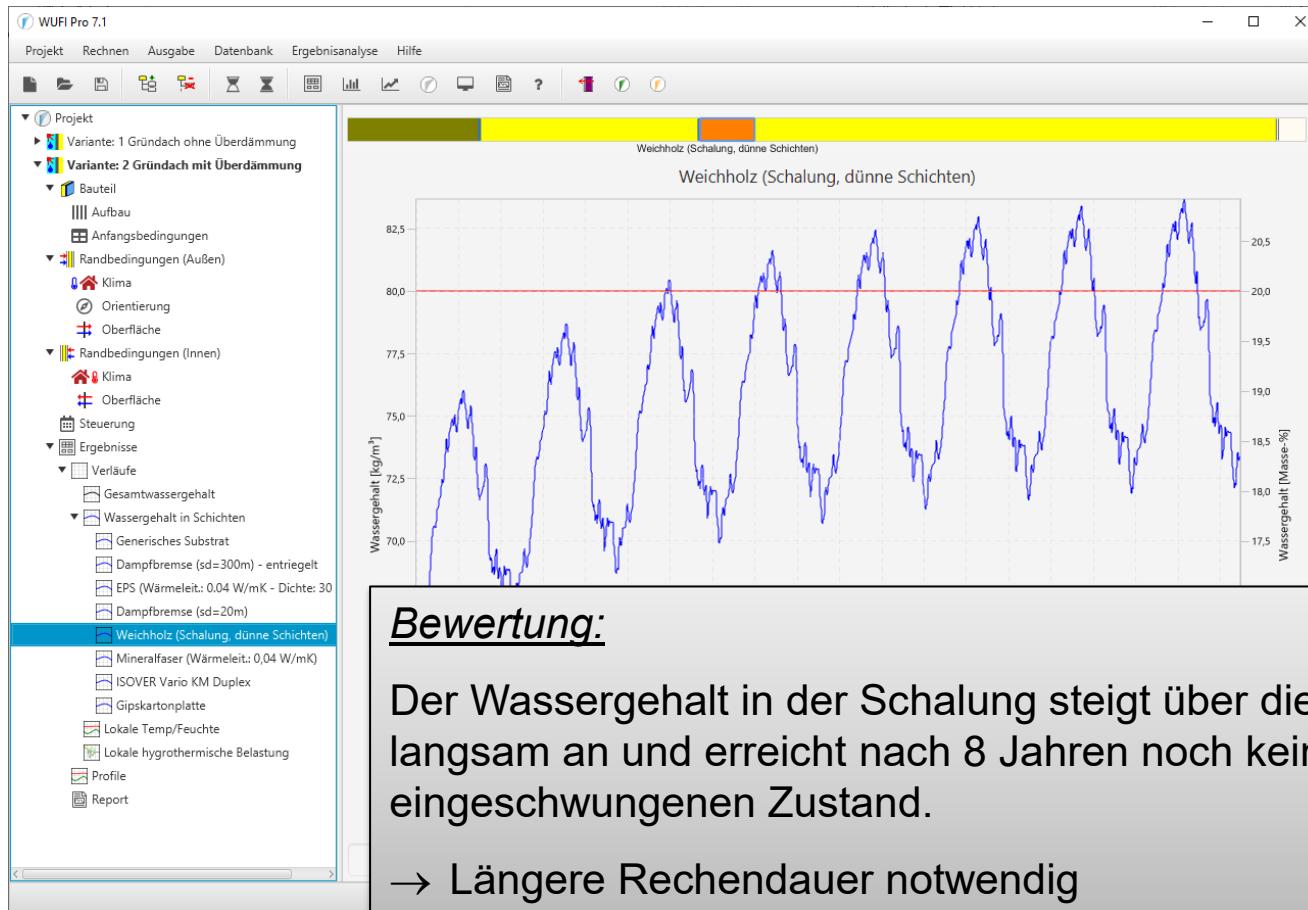
Auswertung: Gesamtwassergehalt



Beispiel B: Auswertung Holzschalung

Auswertung:

Wassergehalt der Schalung



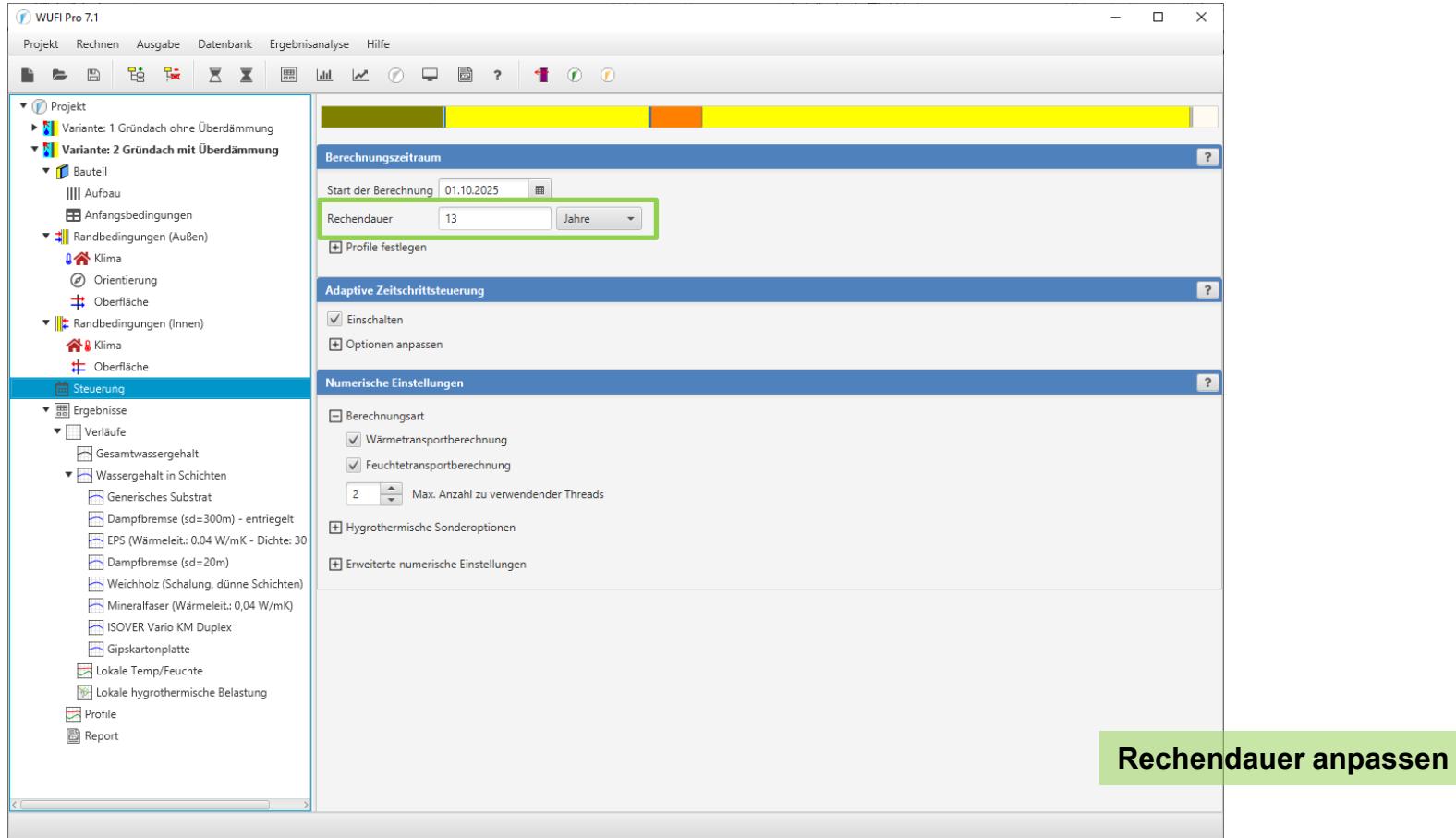
Bewertung:

Der Wassergehalt in der Schalung steigt über die Rechendauer langsam an und erreicht nach 8 Jahren noch keinen eingeschwungenen Zustand.

→ Längere Rechendauer notwendig

Beispiel B: Auswertung Holzschalung

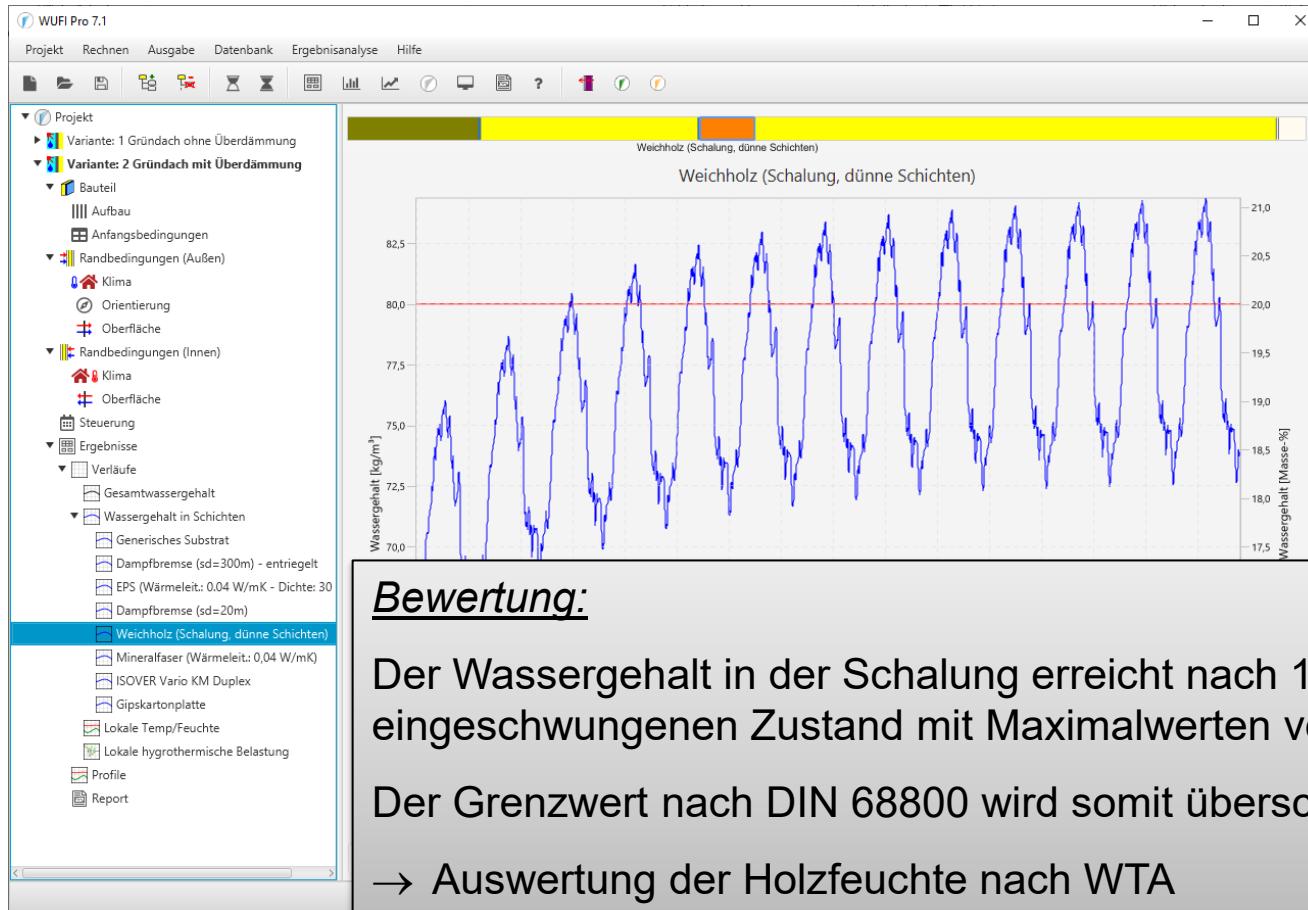
Eingabe: Steuerung



Beispiel B: Auswertung Holzschalung

Auswertung:

Wassergehalt der Schalung



Bewertung:

Der Wassergehalt in der Schalung erreicht nach 12 Jahren den eingeschwungenen Zustand mit Maximalwerten von ca. 21 M.-%.

Der Grenzwert nach DIN 68800 wird somit überschritten.

→ Auswertung der Holzfeuchte nach WTA

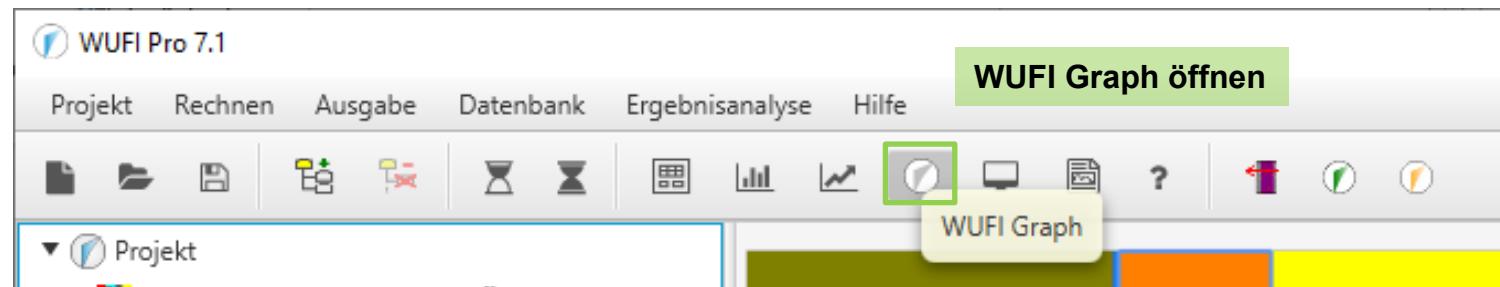
Beispiel B: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph:

Holzfeuchte in der Schalung nach WTA 6-8

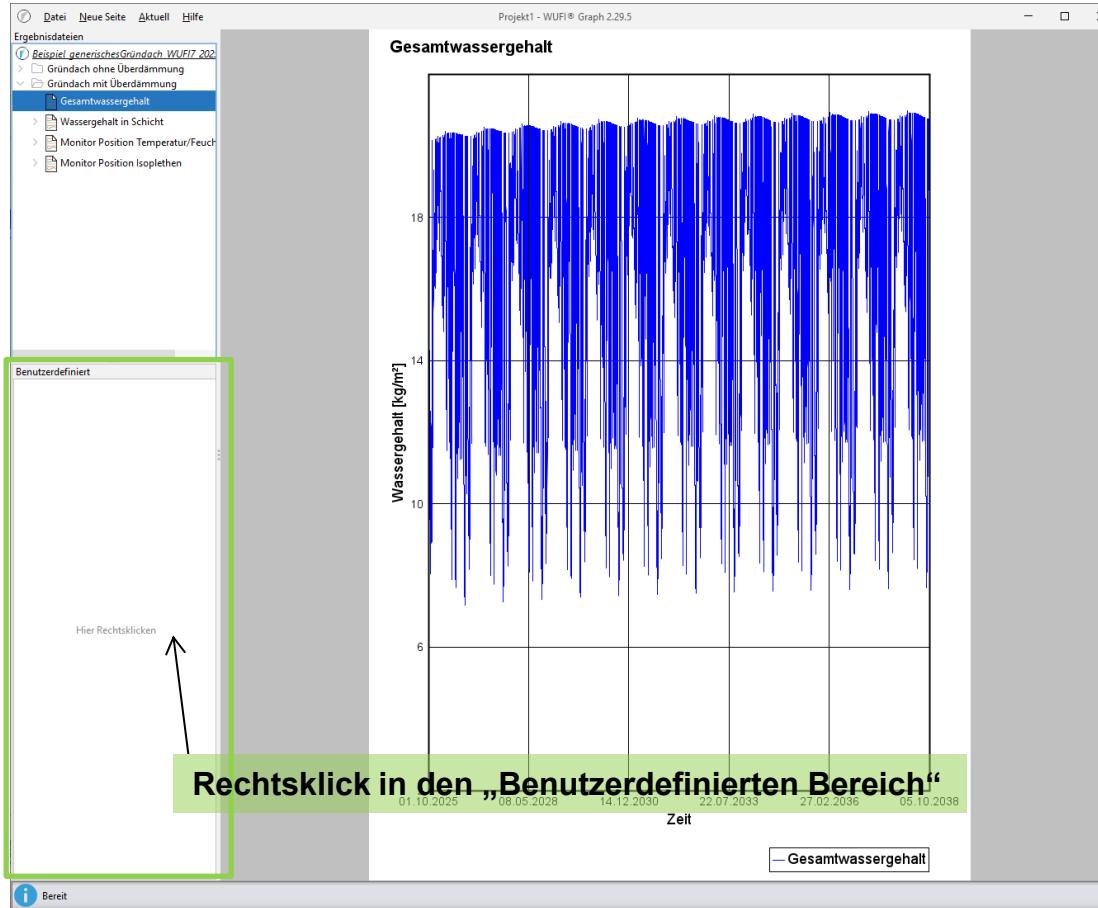
Hinweis:

Um WUFI® Graph öffnen zu können, muss das WUFI-Projekt zuerst gespeichert werden!



Beispiel B: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

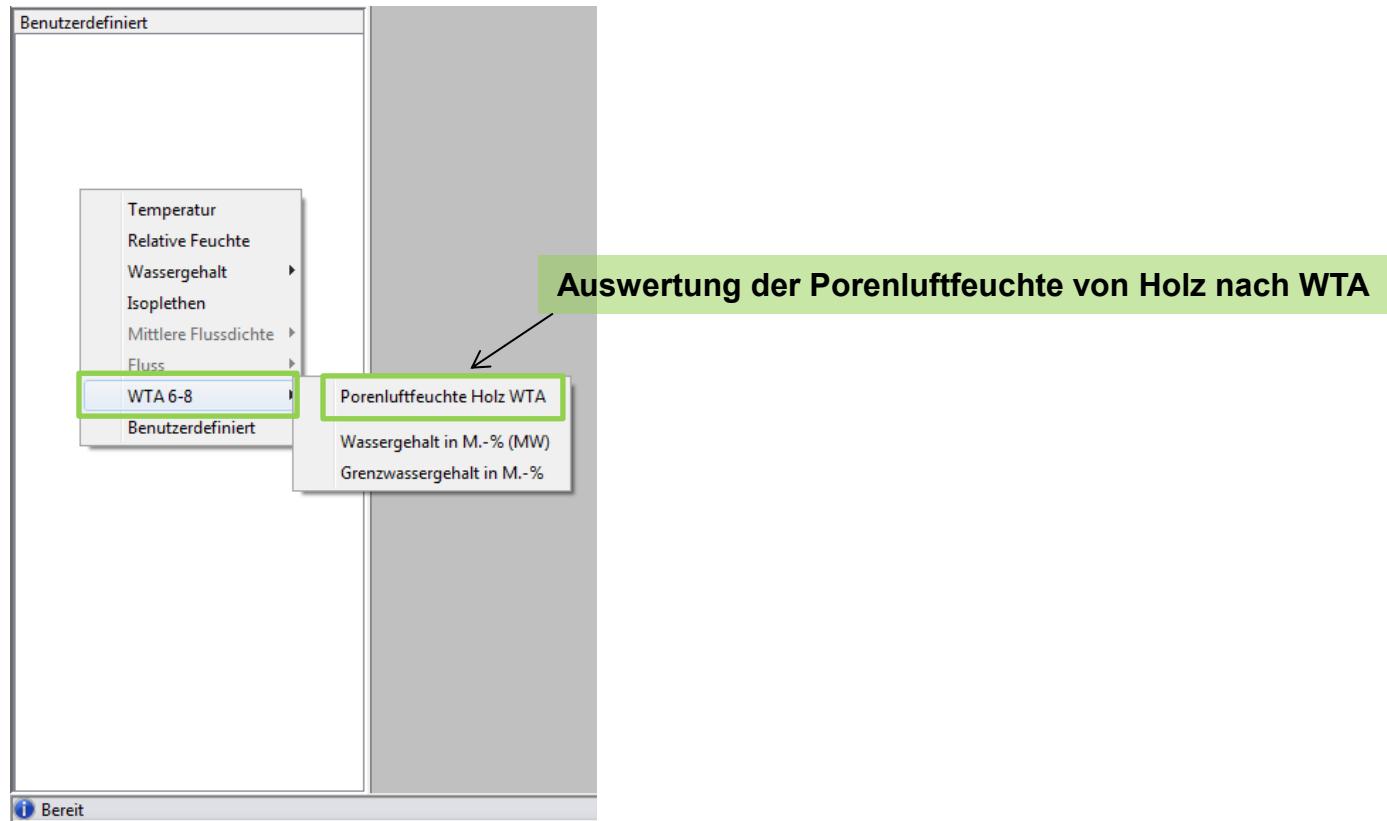
Auswertung mit WUFI® Graph:
Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8



Beispiel B: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph:

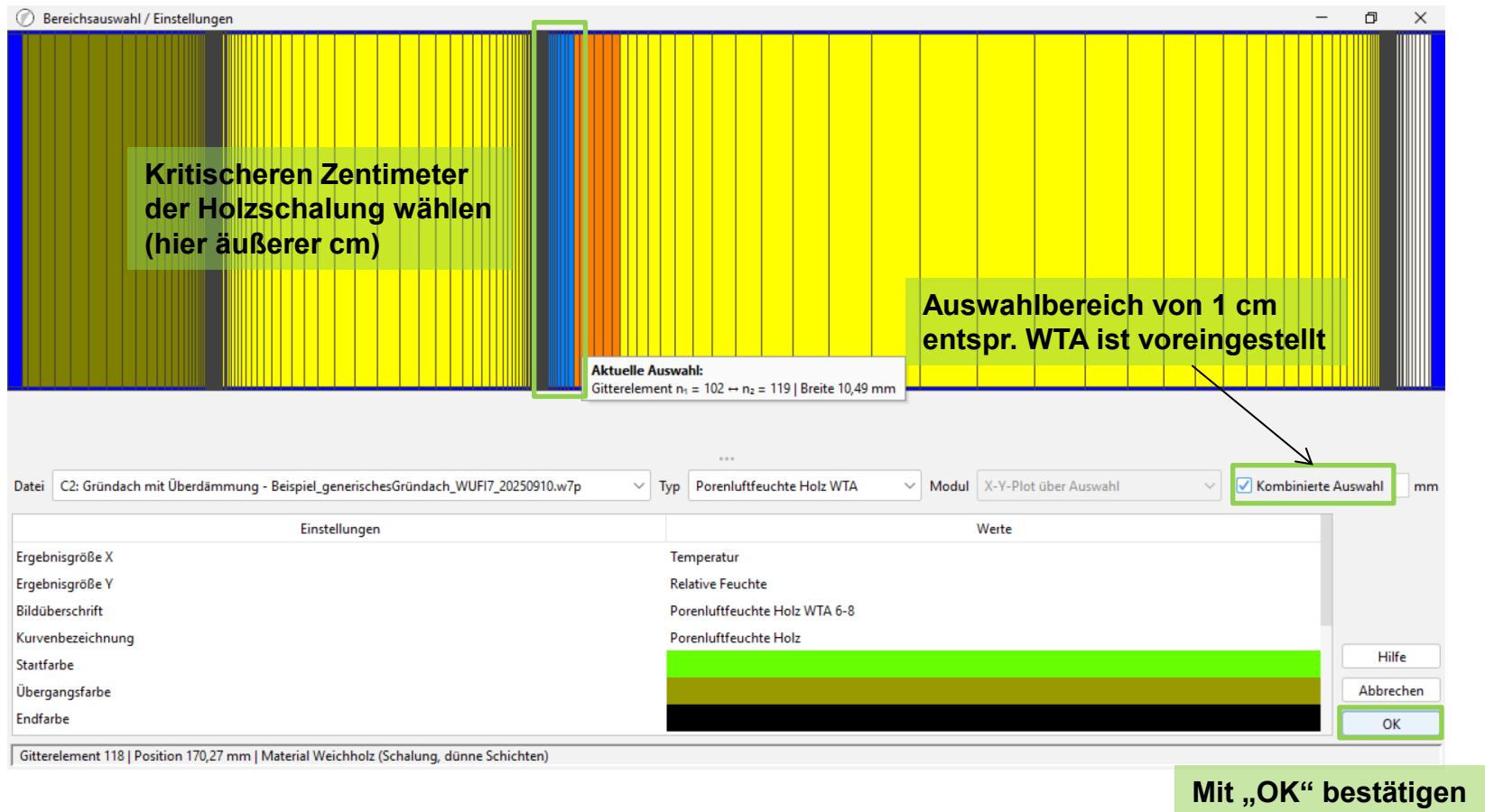
Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8



Beispiel B: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

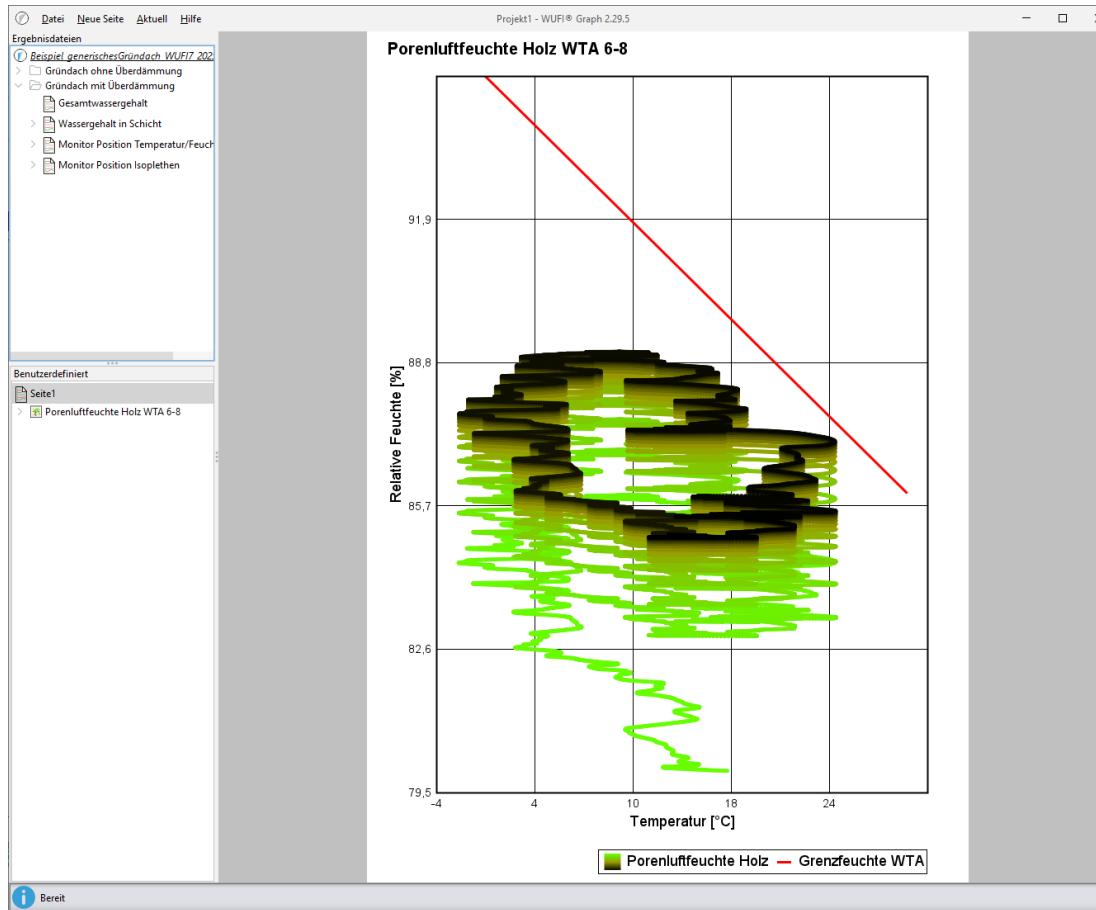
Auswertung mit WUFI® Graph:

Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8



Beispiel B: Auswertung Holzfeuchte mit WUFI® Graph

Auswertung mit WUFI® Graph: Holzfeuchte in der Schalung entsprechend WTA 6-8



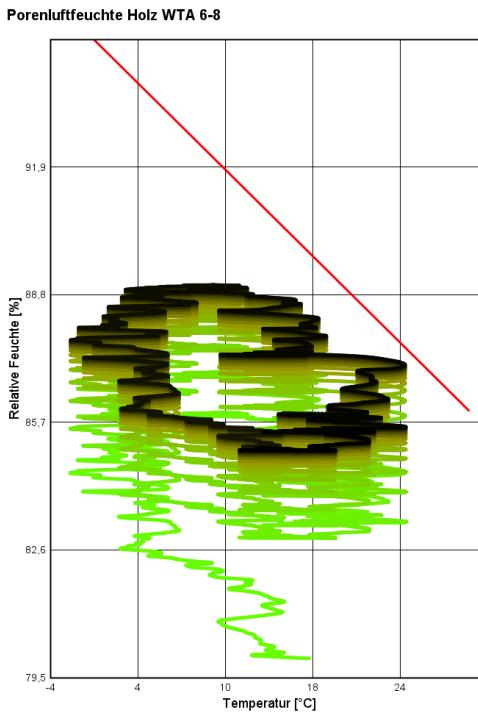
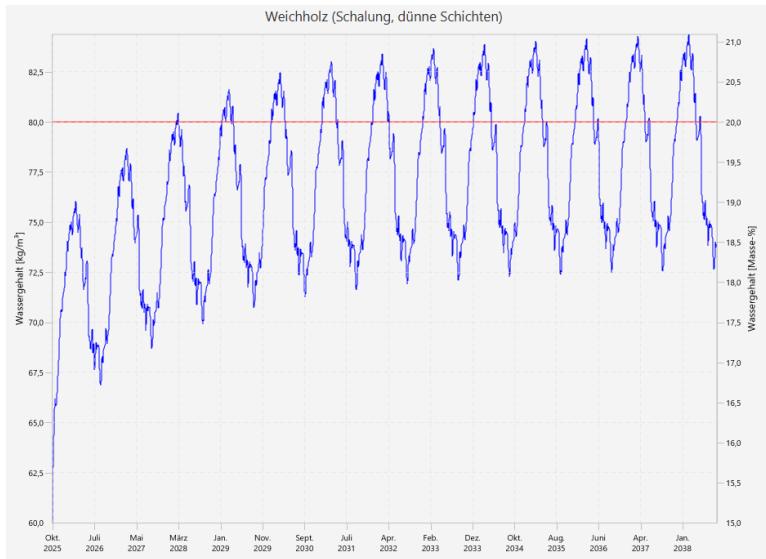
Bewertung:

Die relative Porenluftfeuchte im äußeren Zentimeter der Holzschalung überschreitet die Grenzfeuchte nach WTA nicht.

→ Keine Schädigung durch holzzerstörende Pilze

Beispiel B: Auswertung Holzfeuchte

Bewertung Holzfeuchte:



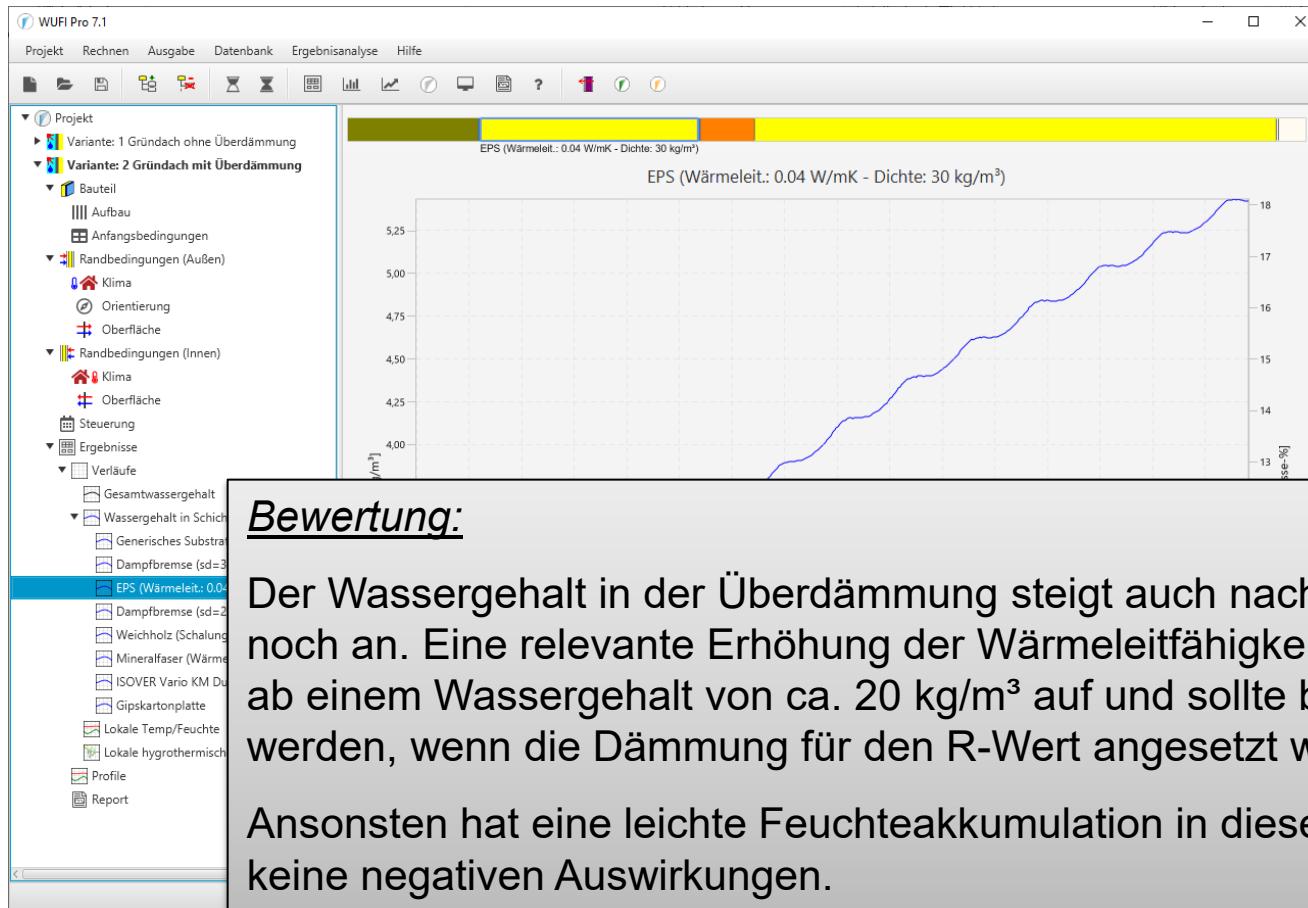
Nach der neuen DIN 4108-3 darf die Auswertung entsprechend dem WTA-Merkblatt 6-8 erfolgen, wonach dieser Dachaufbau zulässig ist.

Für eine größere Sicherheit kann allerdings auch der Grenzwert von 20 M.-% eingehalten werden. Dies ist mit einer etwas dickeren Überdämmung gewährleistet.

Beispiel B: Auswertung des Wassergehalts in Überdämmung

Auswertung:

Wassergehalt in der Überdämmung



Bewertung:

Der Wassergehalt in der Überdämmung steigt auch nach 13 Jahren noch an. Eine relevante Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit tritt aber erst ab einem Wassergehalt von ca. 20 kg/m³ auf und sollte berücksichtigt werden, wenn die Dämmung für den R-Wert angesetzt wird.

Ansonsten hat eine leichte Feuchteakkumulation in diesem Material keine negativen Auswirkungen.