

WUFI®

Leitfaden zur Berechnung von Optigrün-Begrünungen

Stand: Dezember 2025

Entwicklung des Gründachberechnungsmodells.....	Folie 3
Anwendung des produktspezifischen Ansatzes.....	Folie 5
- Eingabe: Bauteilaufbau und Gittereinstellung.....	Folie 7
- Eingabe: Feuchtequelle im Substrat und Infiltrationsquelle.....	Folie 9
- Eingabe: Anfangsbedingungen.....	Folie 13
- Eingabe: Randbedingungen (Außen).....	Folie 14
- Eingabe: Randbedingungen (Innen).....	Folie 17
- Eingabe: Steuerung.....	Folie 18
Optigrün-Systeme	
- Leichtdach Lösung 1.....	Folie 20
- Spardach Lösung 1.....	Folie 22
- Spardach Lösung 2.....	Folie 24
- Schrägdach 5-45°.....	Folie 26
- Naturdach Lösung 1.....	Folie 28
Hinweise zur Auswertung.....	Folie 30
Wichtige Hinweise / Regeln für die Baupraxis.....	Folie 34
Literatur.....	Folie 35
Beispiel: Extensiv begrünte Leichtbaukonstruktion.....	Folie 36

Im Rahmen des Forschungsprojekts

„Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparmetern 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.

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 produktspezifischen Ansatzes

Da bei den **produktspezifischen Ansätzen** auch die **langwellige Gegenstrahlung** und damit alle Klimaelemente **explizit berücksichtigt** sind, sollte es prinzipiell auch für die Anwendung in anderen Klimaregionen geeignet sein.

Voraussetzung hierfür ist das Vorliegen von Gegenstrahlungsdaten. Eine Validierung des Modells war allerdings bisher mit Holzkirchen und Mailand nur in Europa möglich.

In Zusammenarbeit mit der Firma Optigrün wurden im Rahmen des Forschungsprojekts für fünf Optigrün-Systeme alle für eine hygrothermische Simulation mit WUFI® notwendigen Eingabedaten erarbeitet.

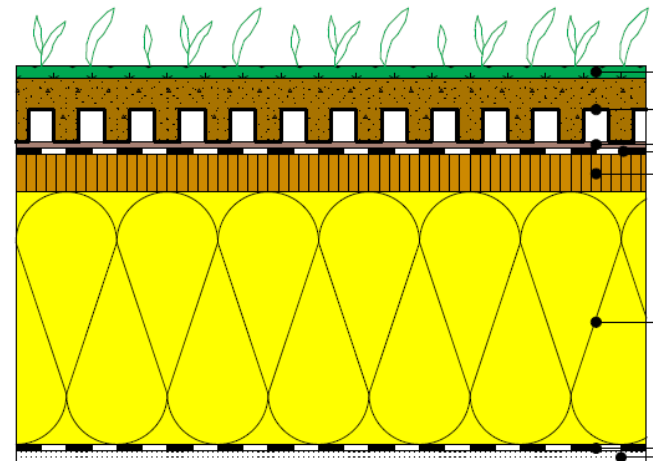
Anwendung des produktspezifischen Ansatzes

Im Folgenden werden zuerst die Eingabedaten dargestellt, die für alle produktspezifischen Ansätze identisch sind.

Anschließend wird jedes der Systeme einzeln kurz beschrieben und die Vorgehensweise bei der Berechnung und Auswertung mit WUFI® erläutert.

Optigrün-Systeme entsprechend den Bezeichnungen des Herstellers:

- Leichtdach Lösung 1: [Folie 20](#)
- Spardach Lösung 1: [Folie 22](#)
- Spardach Lösung 2: [Folie 24](#)
- Schrägdach 5-45°: [Folie 26](#)
- Naturdach Lösung 1: [Folie 28](#)



Bauteil – Aufbau

Optigrün-Systeme

Die Optigrün-Systeme sind in der WUFI®-Materialdatenbank verfügbar unter *Fraunhofer Institut für Bauphysik* → *Grün- und Kiesdächer*.

Die Systeme werden mit dem vom Hersteller vorgegebenen Schichtaufbau sowie den jeweiligen Schichtdicken in den Bauteilaufbau übernommen. Die spezifischen Gründachmodelle werden zudem in der Beschreibung der jeweiligen Optigrün-Systeme erläutert.

Anschließend müssen noch die Feuchtequellen und die Randbedingungen entsprechend diesem Leitfaden eingestellt werden.

Bauteil – Aufbau

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)

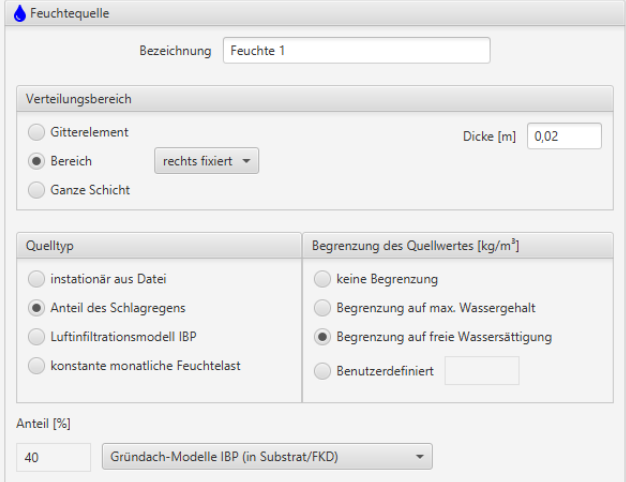
Bauteil – Aufbau

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)



Bauteil – Aufbau

Feuchtequelle in der Dränageschicht (nur beim System „Naturdach“)

Zusätzlich wird bei Vorhandensein eines Dränelements eine Feuchtequelle in der gesamten Drän- und Speicherschicht mit ebenfalls 40 % des Niederschlags angeordnet. Diese Feuchtequelle wird begrenzt auf das vom Hersteller angegebene maximale Füllvolumen. Dadurch wird die Dränfunktion in der Berechnung abgebildet, da überschüssiges Wasser nicht berücksichtigt wird.

Einstellungen:

- Verteilungsbereich: ganze Schicht
- Quelltyp: Anteil des Schlagregens
- Begrenzung des Quellwerts auf das max. Füllvolumen der Festkörperdränage
 $(8,7 \text{ kg/m}^2) / (0,04 \text{ m}) = 217,5 \text{ kg/m}^3$
- Anteil: 40 % (Gründach-Modelle IBP)

The screenshot shows the 'Feuchtequelle' (Moisture Source) configuration window. It has a title bar with a blue water drop icon and the text 'Feuchtequelle'. Inside, there is a 'Bezeichnung' (Name) field with the value 'Feuchte 1'. Below this is a 'Verteilungsbereich' (Distribution Area) section with three radio buttons: 'Gitterelement', 'Bereich', and 'Ganze Schicht' (selected). The main area is divided into two columns: 'Quelltyp' (Source Type) and 'Begrenzung des Quellwerts [kg/m³]' (Limit of Source Value [kg/m³]). Under 'Quelltyp', there are four radio buttons: 'instationär aus Datei', 'Anteil des Schlagregens' (selected), 'Luftinfiltrationsmodell IBP', and 'konstante monatliche Feuchtelast'. Under 'Begrenzung des Quellwerts', there are four radio buttons: 'keine Begrenzung', 'Begrenzung auf max. Wassergehalt', 'Begrenzung auf freie Wassersättigung', and 'Benutzerdefiniert' (selected). The 'Benutzerdefiniert' option has a text field next to it with the value '217,5'. At the bottom, there is an 'Anteil [%]' (Share [%]) field with the value '40' and a dropdown menu showing 'Gründach-Modelle IBP (in Substrat/FKD)'.

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 Infiltrationsmodell 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

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](#)

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 spezifischen Gründachmodells Standorte notwendig, die langwellige Strahlung und 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 $a \cdot 0,8$ in der Simulation berücksichtigt werden. Dieses Klima wurde auch für die Freistellung nachweisfreier Konstruktionen der DIN 4108-3 [8] verwendet.

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.

Randbedingungen (Außen) – Oberfläche

Wärmeübergang

Der Wärmeübergangskoeffizient an der Außenoberfläche beträgt entsprechend dem spezifischen Gründachmodell [1] $19 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Strahlung

Auswahl (Drop-Down-Menü): Dach → Gründach, Optigrün-Modell
Haken bei „Strahlungsbedingter Unterkühlung“ setzen!

Entsprechend dem spezifischen Gründachmodell nach [1] beträgt die kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl 0,6. Die langwellige Strahlungsemission beträgt 0,9. Die strahlungsbedingte Unterkühlung ist bei Dächern aufgrund des großen Blickfeldes zum Himmel grundsätzlich einzuschalten, um die Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahlung zu berücksichtigen.

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 $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 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. 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.

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

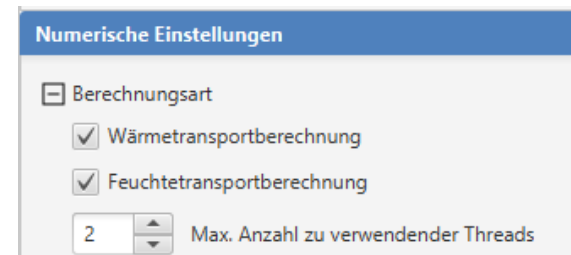
Max. Stufen: 5

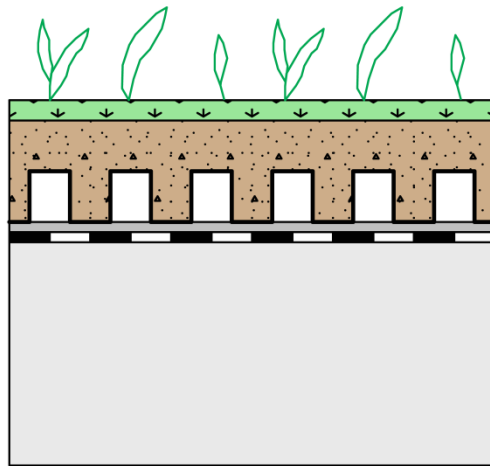
Numerische Einstellungen:

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

→ Berechnungsart

→ max. Anzahl zu verwendender Threads: 2





Sedum-Bepflanzung
Substrat Typ L inkl.
Festkörperdränage FKD 25
Schutz- und Speichervlies

Beschreibung laut Hersteller:

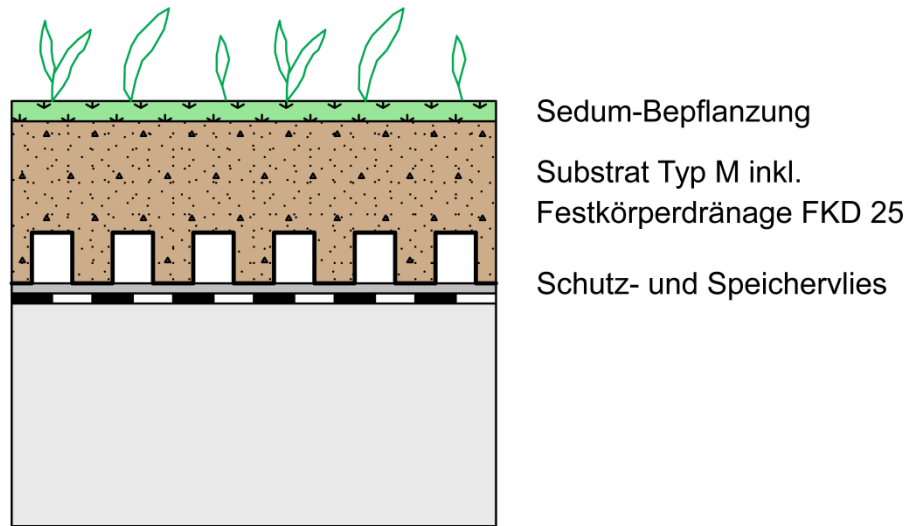
- zweischichtige, extensive Dachbegrünung (von 0-5° Dachneigung)
- besonders geringe Schichtdicke (ca. 6 cm)
- besonders geringes Flächengewicht (ca. 55 kg/m²)
- trockenheitsverträgliche Sedumpflanzen (ca. 6-8 Sorten)
- geringster Pflegeaufwand (1-mal jährlich)

Aufbau in WUFI®:

Materialdatensatz (System): „Optigrün Leichtdach Lösung 1“

Bestehend aus folgenden Schichten:

- 1 cm Sedum-Bepflanzung
- 5,5 cm Substrat Typ L inkl. FKD
- 0,1 cm Schutzvlies



Beschreibung laut Hersteller:

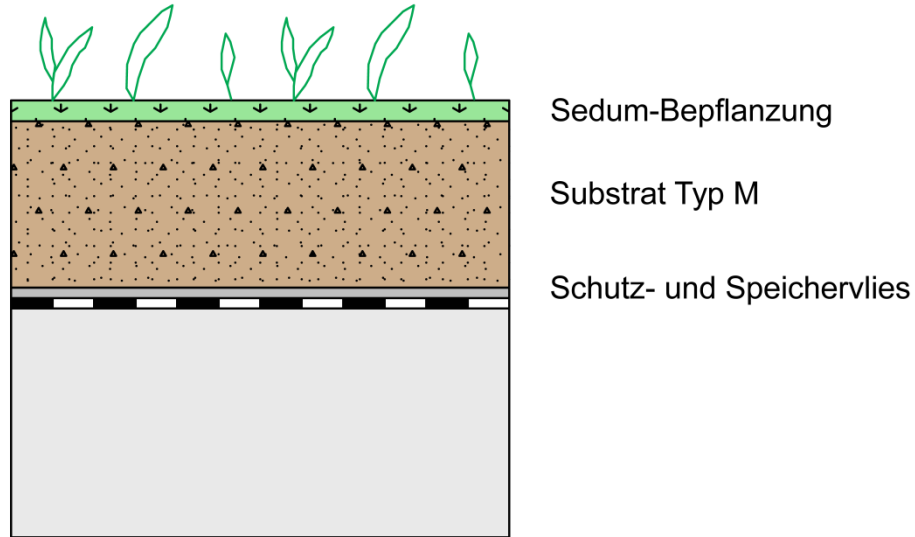
- zweischichtige, extensive Dachbegrünung (von 0-5° Dachneigung)
- geringe Schichtdicke (ca. 8,5 cm)
- geringes Flächengewicht (ca. 95 kg/m²)
- trockenheitsverträgliche Sedumpflanzen (ca. 6-8 Sorten)
- geringer Pflegeaufwand (1-2-mal jährlich)

Aufbau in WUFI®:

Materialdatensatz (System): „Optigrün Spardach Lösung 1“

Bestehend aus folgenden Schichten:

- 1 cm Sedum-Bepflanzung
- 8,5 cm Substrat Typ M inkl. FKD
- 0,1 cm Schutzvlies



Beschreibung laut Hersteller:

- einschichtige, extensive Dachbegrünung (von 1-5° Dachneigung)
- geringe Schichtdicke (ca. 8 cm)
- geringes Flächengewicht (ca. 100 kg/m²)
- trockenheitsverträgliche Sedumpflanzen (ca. 6-8 Sorten)
- geringer Pflegeaufwand (1-2-mal jährlich)

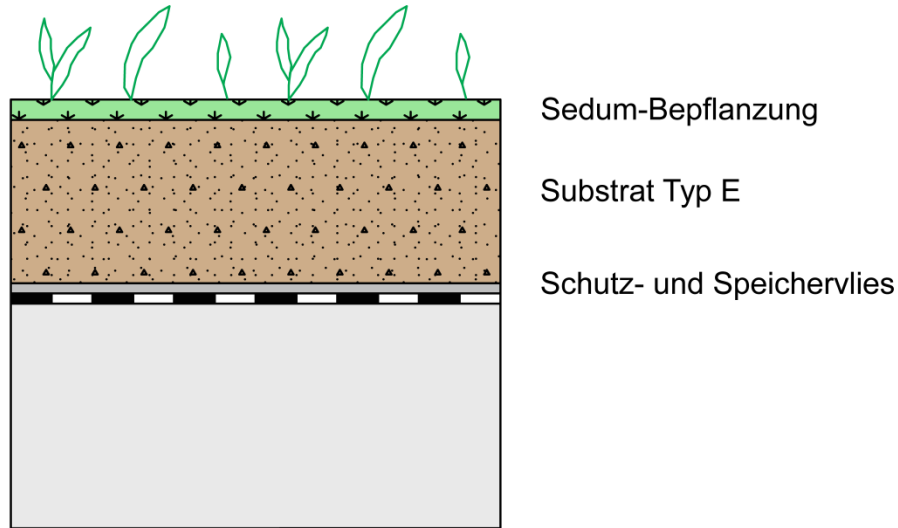
Aufbau in WUFI®:

Materialdatensatz (System): „Optigrün Spardach Lösung 2“

Bestehend aus folgenden Schichten:

- 1 cm Sedum-Bepflanzung
- 8 cm Substrat Typ M
- 0,1 cm Schutzvlies

Optigrün-System Schrägdach 5-45°



Beschreibung laut Hersteller:

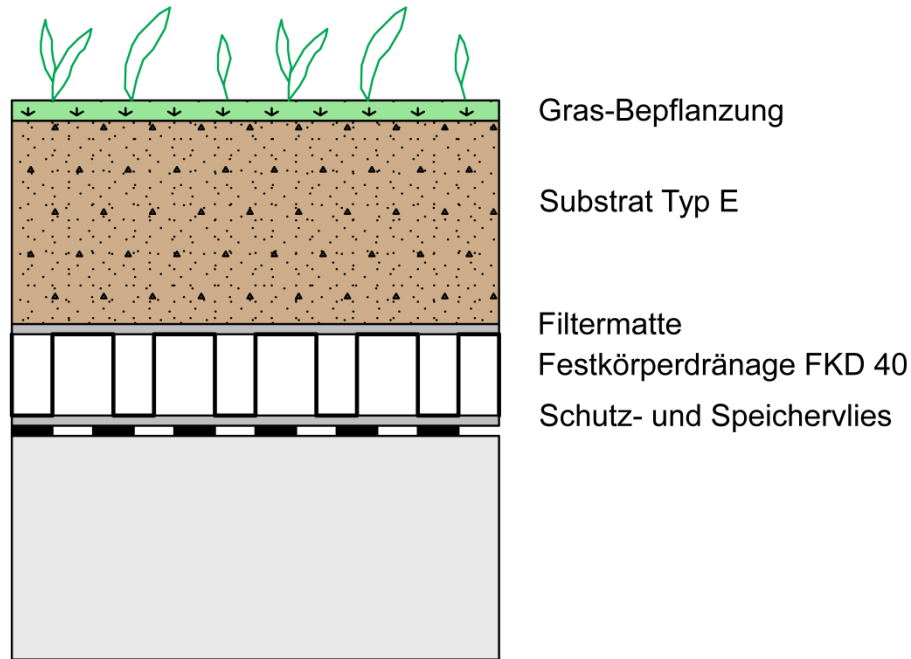
- zweischichtige, extensive Dachbegrünung (von 5-45° Dachneigung)
- geringe Schichtdicke (ca. 9 cm)
- geringes Flächengewicht (ca. 110 kg/m²)
- trockenheitsverträgliche Sedumpflanzen (ca. 6-8 Sorten)
- geringster Pflegeaufwand (1-mal jährlich)

Aufbau in WUFI®:

Materialdatensatz (System): „Optigrün Schrägdach 5° - 45°“

Bestehend aus folgenden Schichten:

- 1 cm Sedum-Bepflanzung
- 8 cm Substrat Typ E
- 0,1 cm Schutzvlies



Beschreibung laut Hersteller:

- dreischichtige, extensive Dachbegrünung (von 0-5° Dachneigung)
- mittlere Schichtdicke (ca. 10 cm)
- mittleres Flächengewicht (ca. 120 kg/m²)
- trockenheitsverträgliche Sedumpflanzen, Gräser, Kräuter (ca. 25 Sorten)
- mittlerer Pflegeaufwand (2-3-mal jährlich)

Aufbau in WUFI®:

Materialdatensatz (System): „Optigrün Naturdach Lösung 1“

Bestehend aus folgenden Schichten:

- 1 cm Gras-Bepflanzung
- 10 cm Substrat Typ E
- 0,1 cm Filtermatte
- 4 cm Festkörperdränage
- 0,1 cm Schutzvlies

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 Konvergenzfehler 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	18.09.2025, 09:46
Beginn / Ende der Rechnung	01.10.2025 / 01.10.2033
Rechenzeit	0:38:44.088
Akt. Datum/Zeit	01.10.2033, 00:00

Numerische Qualitätsprüfung

Anzahl der Konvergenzfehler		1996	
Integral der Diffusionsströme (links/rechts)	[kg/m ²]	-721,523	0,314
Integral der Kapillarströme (links/rechts)	[kg/m ²]	-1354,234	0,000
Bilanz (Masse vs. Integral der Ströme)	[kg/m ²]	24,069	15,117

Begrünte Leichtbaukonstruktionen

Das Vorgehen bei der Auswertung sowie die Auswertekriterien sind identisch wie bei 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

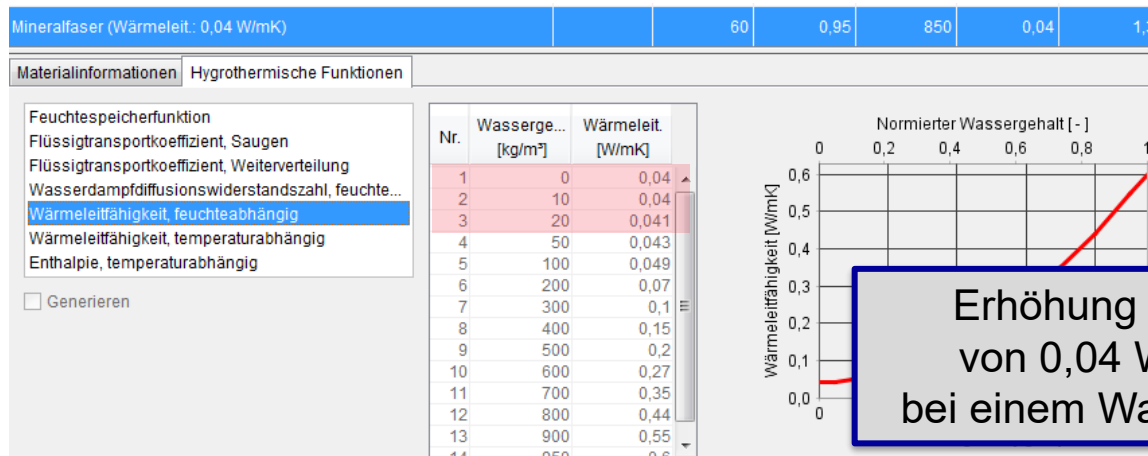
In der Überdämmung der außenseitigen Schalung ist häufig eine langsame Akkumulation von Feuchte zu beobachten, weshalb in diesem Bereich vorzugsweise feuchteunempfindliche Materialien einzusetzen sind.

- 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!

Zusätzliche Auswertung bei einer Überdämmung

Im Beispiel ist der Wassergehalt einer Mineralwolledämmung 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 $0,041 \text{ W/mK}$. Ist die Überdämmung für den U-Wert des Bauteils relevant, könnte der Effekt durch eine etwa 1,5 mm dickere Dämmung kompensiert werden.



- **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!!

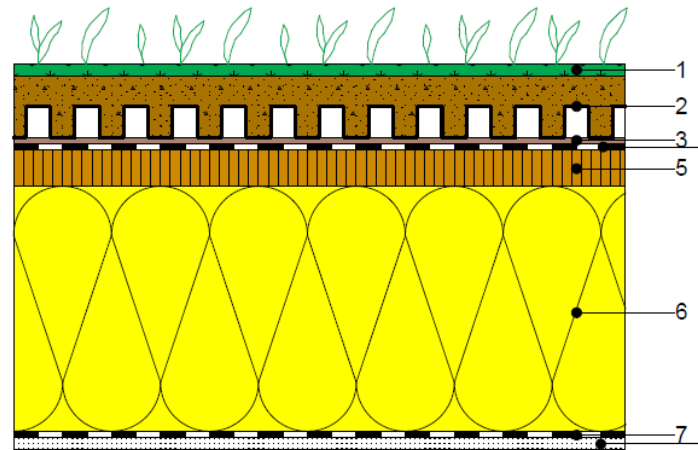
- [1] Schafaczek B., Zirkelbach D.: Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparametern von Dachbegrünungen zur zuverlässigen Simulation der hygrothermischen Verhältnisse in und unter Gründächern bei beliebigen Nutzungen und unterschiedlichen Standorten. Forschungsinitiative Zukunft 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.: Dampfkongvektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von kongvektivem Feuchteeintrag 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.
-

Beispiel: Extensiv begrünte Leichtbaukonstruktion

Anhand von einem Beispielfall mit dem Optigrün Leichtsubstrat 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:
Extensiv begrünte
Leichtbaukonstruktion
mit „Optigrün Leichtdach
Lösung 1“



- 1 Sedum-Bepflanzung
- 2 Substrat
- 3 Schutzvlies
- 4 Dachbahn (s_d = 300 m)
- 5 OSB-Platte
- 6 Mineralfaserdämmung
- 7 feuchtevariable Dampfbremse
- 8 Gipskartonplatte

Beispiel: Konstruktionsaufbau

Aufbau (von außen nach innen):

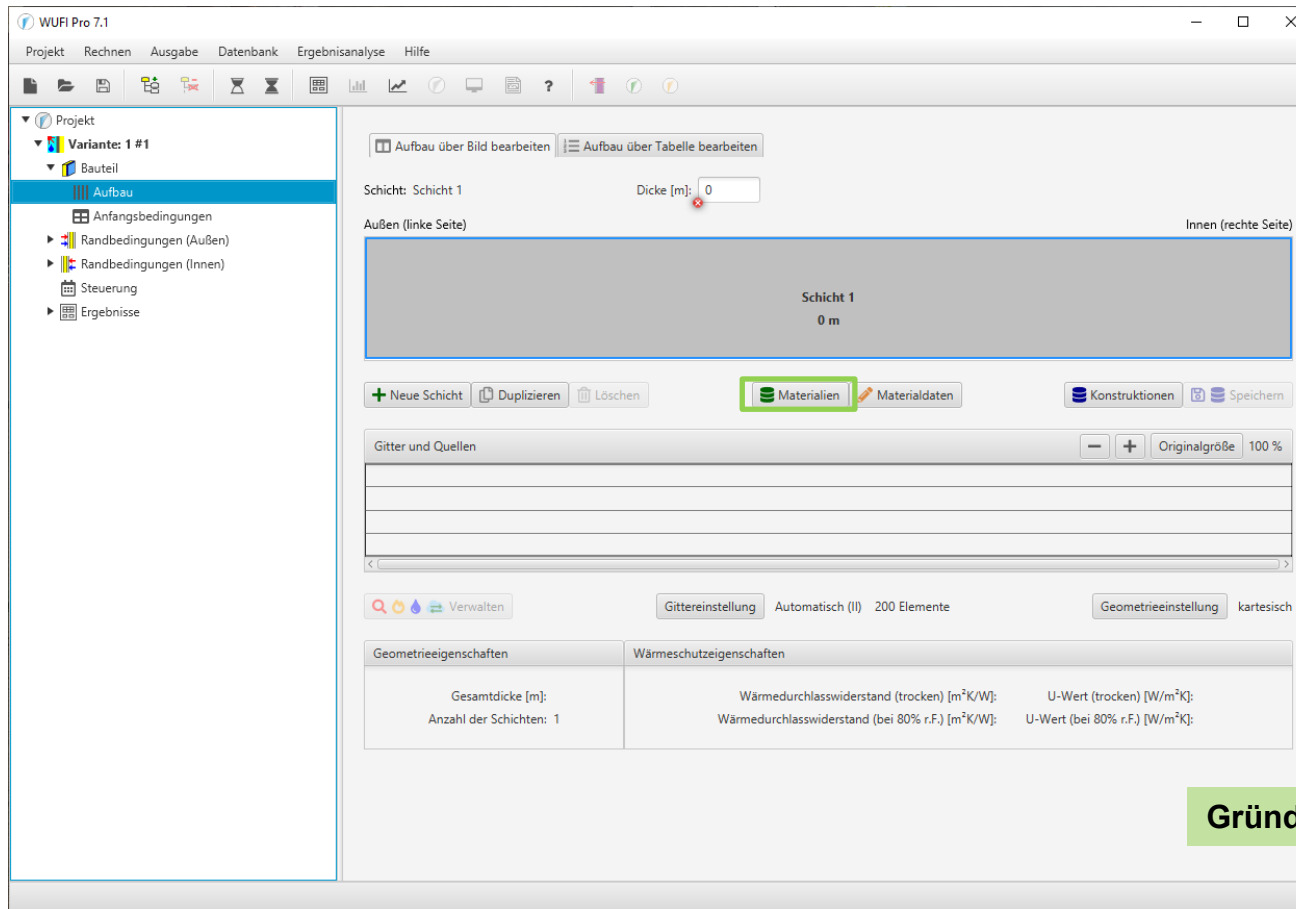
- | | |
|--|----------|
| ■ Optigrün Leichtdach 1 (Sedum-Bepflanzung) | 0,01 m |
| ■ Optigrün Leichtdach 1 (Substrat Typ L inkl. FKD) | 0,055 m |
| ■ Optigrün Leichtdach 1 (Schutzvlies) | 0,001 m |
| ■ Dampfbremse ($s_d = 300m$) | 0,001 m |
| ■ AiF OSB 3 | 0,022 m |
| ■ Mineralfaser (Wärmeleitfähigkeit 0,04 W/mK) | 0,18 m |
| ■ feuchtevariable Dampfbremse (PA-Folie) | 0,001 m |
| ■ Gipskartonplatte | 0,0125 m |

Randbedingungen:

- Flachdach (3° nach Norden geneigt)
- Strahlung entsprechend „Gründach, Optigrün-Modell“
kurzwellige Absorption: 0,6
langwellige Emission: 0,9
strahlungsbedingte Unterkühlung berücksichtigen!
- 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: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil - Aufbau



Gründachaufbau eingeben

Beispiel: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil - Aufbau

WUFI Materialien

Alle Materialien durchsuchen

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

Materialname	Rohdichte [kg/m³]	Porosität [m³/m³]	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 Naturdach Lösung 1					
Optigrün Schrägdach 5° - 45°					
Optigrün Spardach Lösung 1					
Optigrün Spardach Lösung 2					

Hygrothermische Funktionen Systeminformationen

Feuchtespeicherfunktion

- Flüssigtransportkoeffizient, Saugen
- Flüssigtransportkoeffizient, Weiterverteilung
- Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl, feuchteabhängig
- Wärmeleitfähigkeit, feuchteabhängig
- Wärmeleitfähigkeit, temperaturabhängig
- Enthalpie, temperaturabhängig

☐ Approximieren

Nr. R.F. Wassergehalt

Kein Inhalt in Tabelle

Wassergehalt [kg/m³]

Gründachaufbau als ganzes System einfügen

Einlesen Exportieren Dicke [m]: 0,066 Verwenden Abbrechen Hilfe

Beispiel: Bauteilaufbau

Eingabe: Bauteil - Aufbau

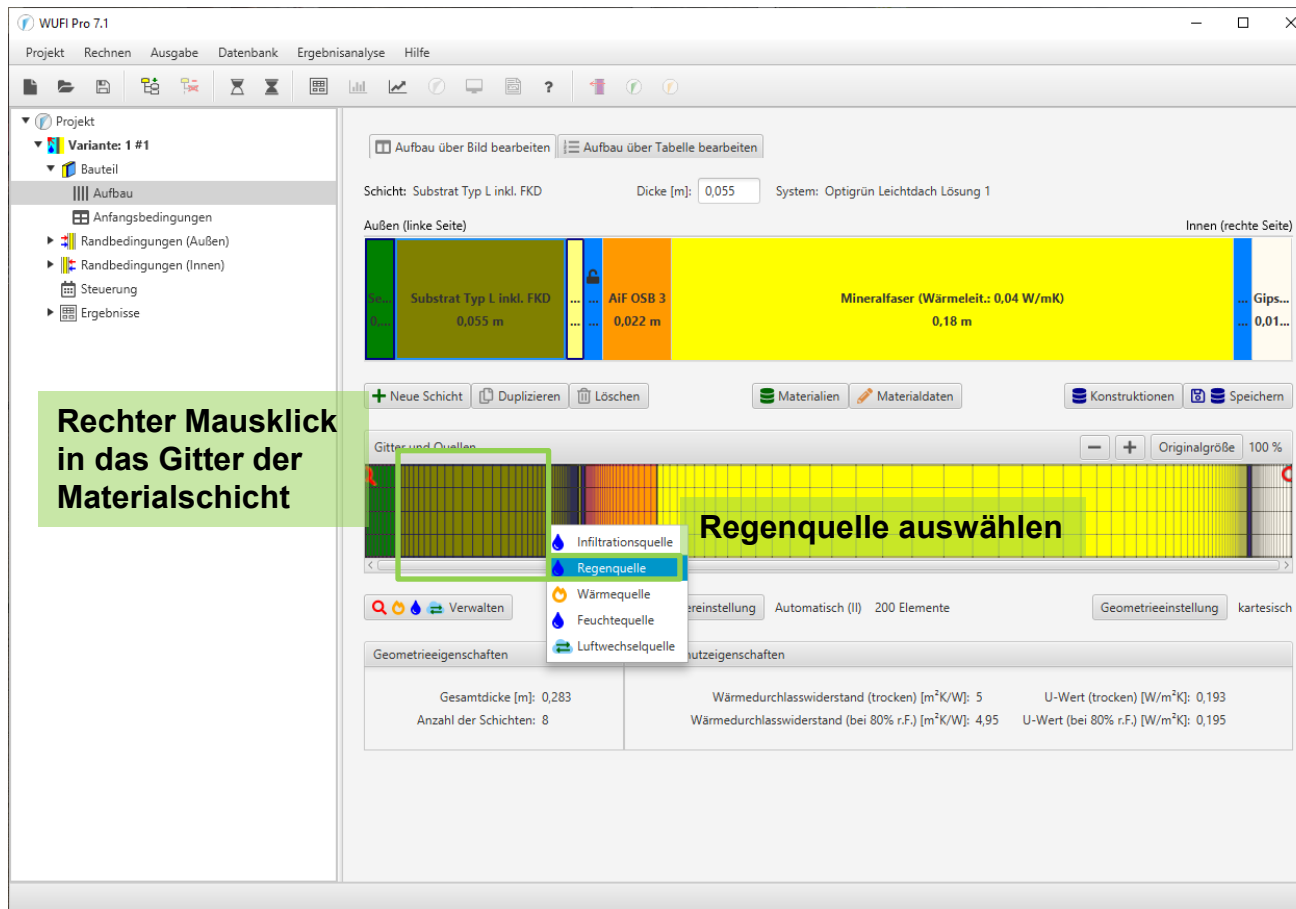
The screenshot displays the WUFI Pro 7.1 software interface. The left sidebar shows a project tree with 'Bauteil' selected. The main workspace shows a construction layer 'Gipskartonplatte' with a thickness of 0,0125 m. Below this, a cross-section diagram shows three layers: 'Substrat Typ 1 inkl. FKD' (0,055 m), 'Aif OSB 3' (0,022 m), and 'Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK)' (0,18 m). The right side shows the 'Innen (rechte Seite)' boundary condition. The bottom section displays 'Gitter und Quellen' (Grid and Sources) and 'Geometrieigenschaften' (Geometric properties) including 'Gesamtdicke [m]: 0,283' and 'Anzahl der Schichten: 8'. The 'Wärmeschutzeigenschaften' (Thermal insulation properties) section shows 'Wärmedurchlasswiderstand (trocken) [m²K/W]: 5' and 'U-Wert (trocken) [W/m²K]: 0,193'.

Unterkonstruktion ergänzen;
ggf. Schichtdicken anpassen

Beispiel: Feuchtequelle im Substrat

Eingabe: Bauteil - Aufbau

Feuchtequelle in die Schicht „Substrat Typ L inkl. FKD“ einfügen



Beispiel: Feuchtequelle im Substrat

Eingabe: Bauteil - Aufbau

Regenquelle in die unteren 2 cm der Substratschicht

Hygrothermische Quellen

Regenquelle

Bezeichnung: Regen 1

Verteilungsbereich

- ☐ Gitterelement
- ☒ Bereich: rechts fixiert
- ☐ Ganze Schicht

Dicke [m]: 0,02

Quellentyp

- ☐ instationär aus Datei
- ☒ Anteil des Schlagregens
- ☐ Luftinfiltrationsmodell IBP
- ☐ konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

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

Anteil [%]: 40

Gründach-Modelle IBP (in Substrat/FKD)

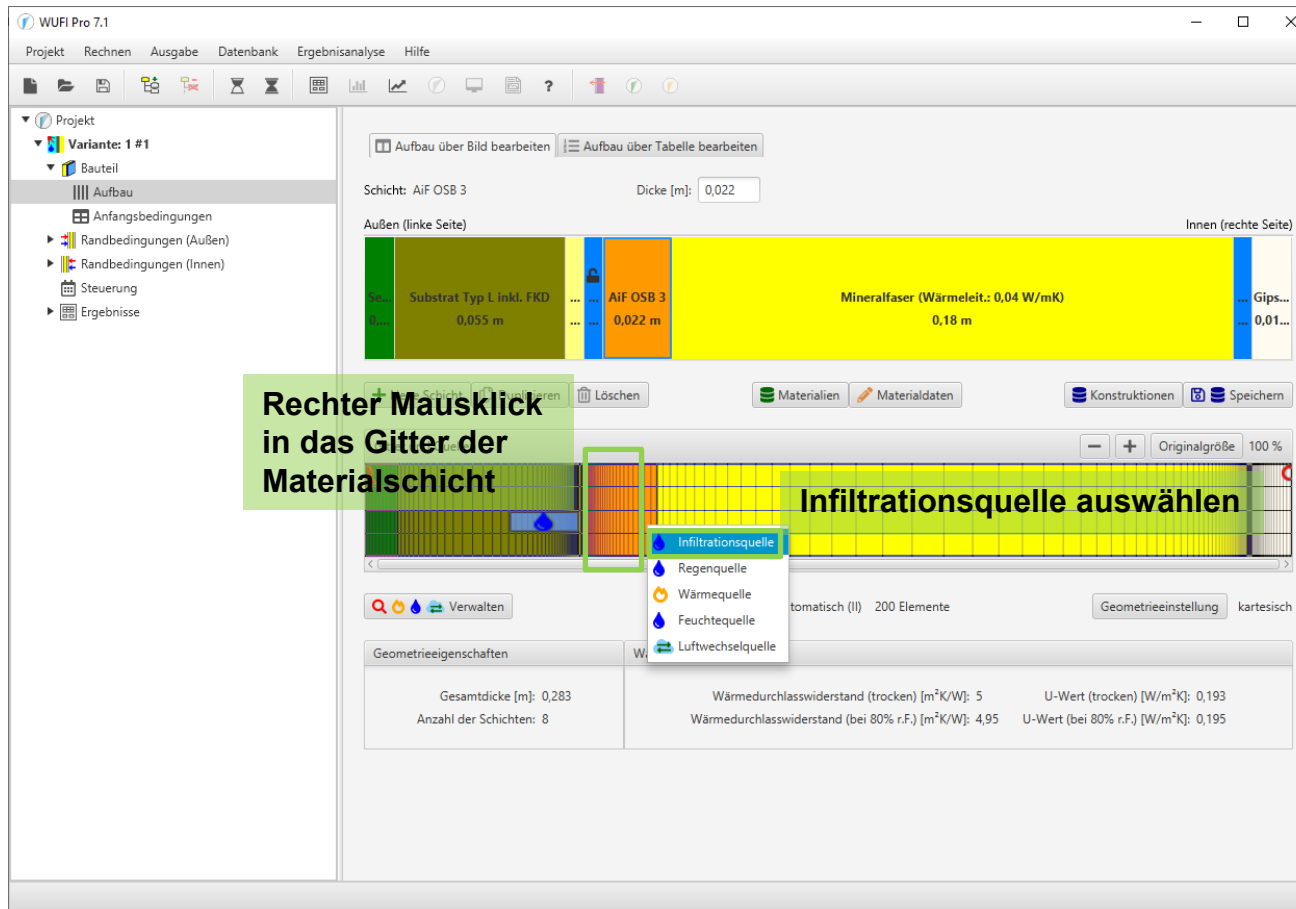
Anteil: 40 % (Gründach-Modelle IBP)

Quelle löschen OK Abbrechen Hilfe

Beispiel: Infiltrationsquelle

Eingabe: Bauteil - Aufbau

Infiltrationsquelle nach DIN 68800 in der OSB berücksichtigen

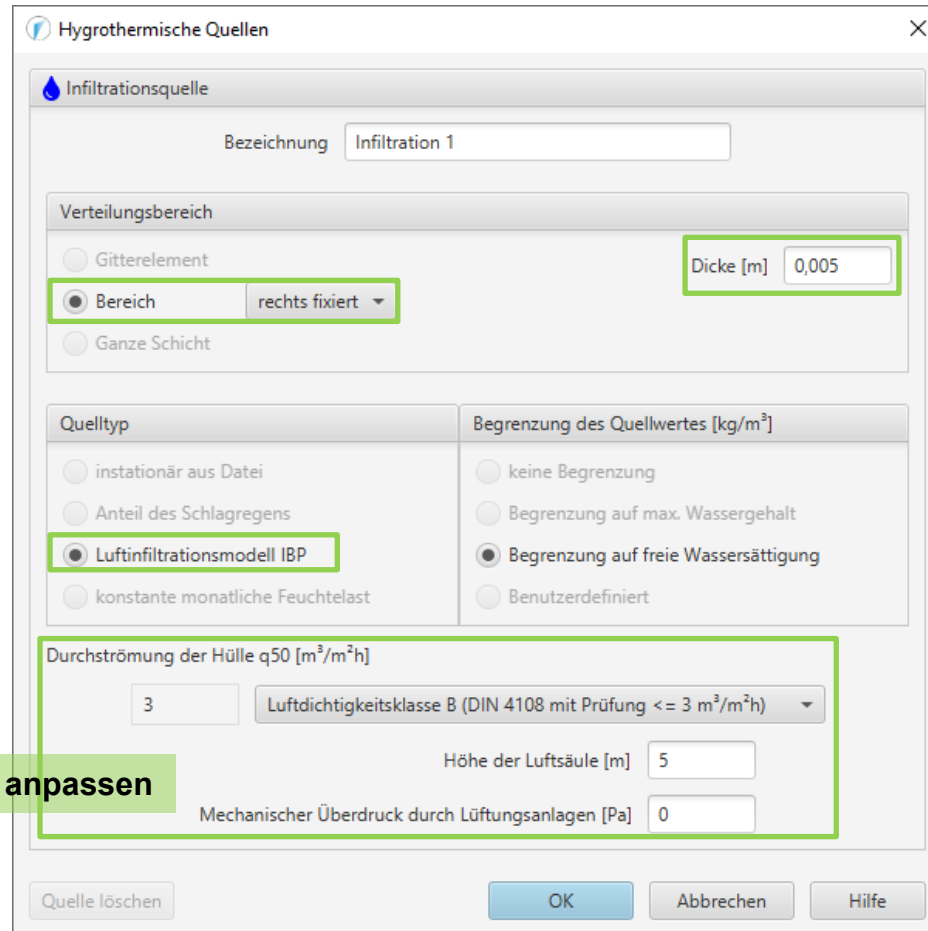


Beispiel: Infiltrationsquelle

Eingabe: Bauteil - Aufbau

Infiltrationsquelle in
den inneren 5 mm
der OSB

Infiltrationsquelle anpassen



Hygrothermische Quellen

Infiltrationsquelle

Bezeichnung: Infiltration 1

Verteilungsbereich

- ☐ Gitterelement
- ☒ Bereich rechts fixiert
- ☐ Ganze Schicht

Dicke [m]: 0,005

Quellentyp

- ☐ instationär aus Datei
- ☐ Anteil des Schlagregens
- ☒ Luftinfiltrationsmodell IBP
- ☐ konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

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

Durchströmung der Hülle q50 [m³/m²h]

3 Luftdichtigkeitsklasse B (DIN 4108 mit Prüfung <= 3 m³/m²h)

Höhe der Luftsäule [m]: 5

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa]: 0

Quelle löschen OK Abbrechen Hilfe

Beispiel: Anfangsbedingungen

Eingabe: Bauteil - Anfangsbedingungen

WUFI Pro 7.1

Projekt Rechen Ausgabe Datenbank Ergebnisanalyse Hilfe

Projekt

- Variante: 1 #1
 - Bauteil
 - Aufbau
 - Anfangsbedingungen
 - Randbedingungen (Außen)
 - Randbedingungen (Innen)
 - Steuerung
 - Ergebnisse

Anfangstemperatur

☒ Über das Bauteil konstant Anfangstemperatur im Bauteil [°C] 20

☐ Manuelle Einstellungen

Anfangsfeuchte

☒ Gleiche relative Feuchte in allen Schichten (z.B. Leichtbaukonstruktionen und Bestandsgebäude) Relative Anfangsfeuchte [-] 0.8

☐ Typische Baufeuchte zuweisen (z.B. Massivbau und neue Gebäude)

☐ Manuelle Einstellungen

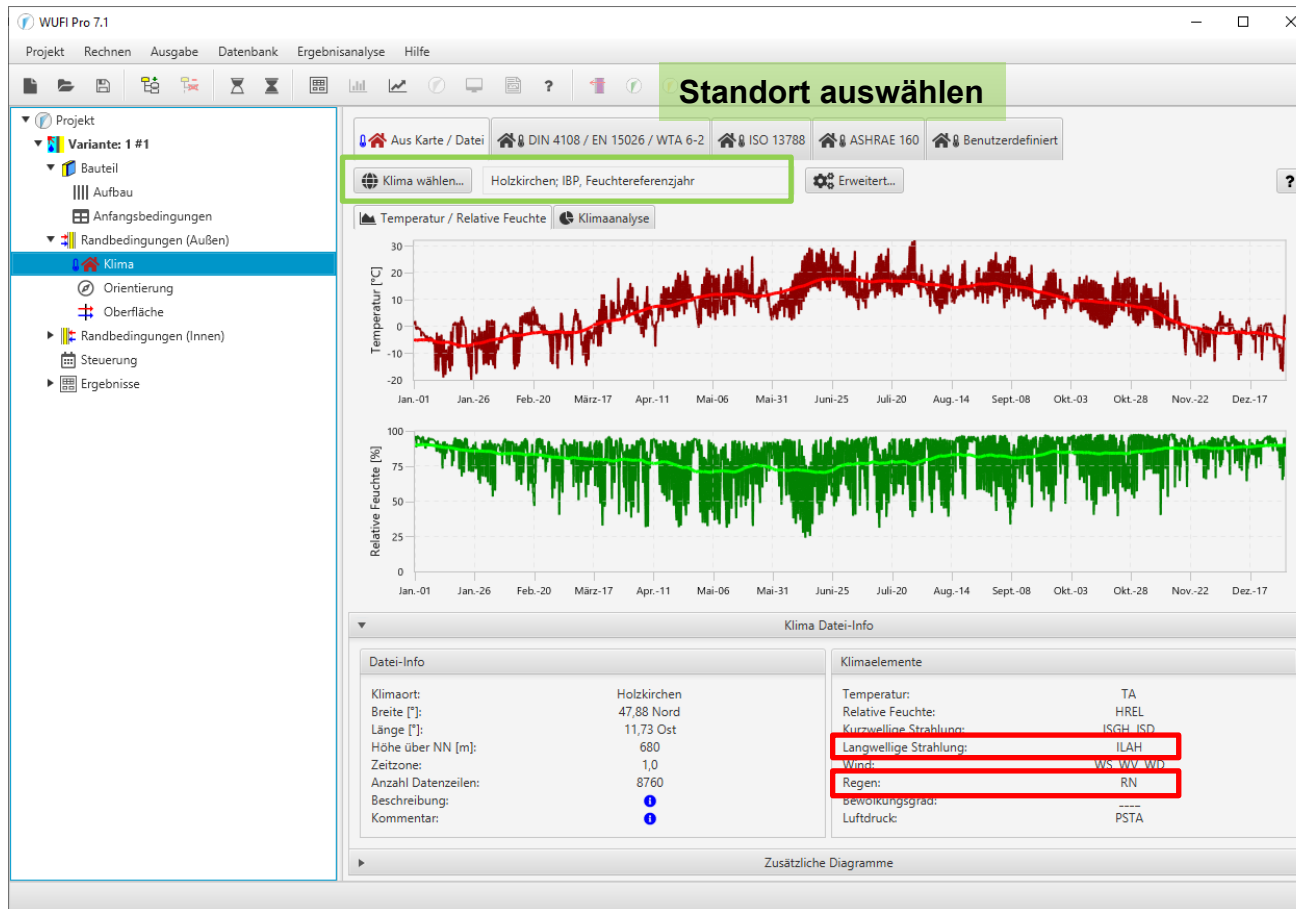
Anfangsbedingungen in einzelnen Schichten

Nr.	Material Schicht	Dicke [m]	Temperatur [°C]	Rel. Feuchte [-]	Wassergehalt [kg/m³]	Typische Baufeu...
1	Sedum-Bepflanzung	0,01	20	0.8	12	1
2	Substrat Typ L inkl. FKD	0,055	20	0.8	4,2	4,2
3	Schutzvlies	0,001	20	0.8	0,7	0,7
4	Dampfbremse (sd=300m)	0,001	20	0.8	0,001881	0,001881
5	AiF OSB 3	0,022	20	0.8	90	90
6	Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK)	0,18	20	0.8	1,787	1,787
7	PA-Folie	0,001	20	0.8	0,4412	0,4412
8	Gipskartonplatte	0,0125	20	0.8	6,3	6,3

Keine Änderungen erforderlich

Beispiel: Außenklima

Eingabe: Randbedingung (Außen) – Klima



Hinweis:
Für die Anwendung
des spezifischen
Gründachmodells
sind Klimadaten mit
langwelliger
Strahlung und
Niederschlag
erforderlich!

Beispiel: Orientierung / Neigung

Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Orientierung

The screenshot shows the WUFI Pro 7.1 software interface. The left sidebar contains a project tree with the following structure:

- Projekt
 - Variante: 1 #1
 - Bauteil
 - Aufbau
 - Anfangsbedingungen
 - Randbedingungen (Außen)
 - Klima
 - Orientierung**
 - Oberfläche
 - Randbedingungen (Innen)
 - Steuerung
 - Ergebnisse

The main window displays three panels:

- Orientierung**: A compass rose showing cardinal and ordinal directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). A green box highlights the 'Nord' dropdown menu.
- Neigung**: A diagram of a tilted surface with a sun icon. A green box highlights the 'Neigung [°]' input field, which is set to 3. Below it, the percentage value is 5.24.
- Höhe / Schlagregenkoeffizienten**: Two radio buttons for 'Regenbelastung nach WUFI-Modell' (selected) and 'Regenbelastung nach ASHRAE Standard 160'. Below are input fields for 'R1 [-]' (set to 1) and 'R2 [s/m]' (set to 0). A hint text reads: 'Hinweis: Regenbelastung = Regen * (R1 + R2 * Vwind)'.

A green callout box at the bottom right of the interface contains the text: **Orientierung und Neigung anpassen**.

Beispiel: Oberflächenübergangskoeffizienten (außen)

Eingabe: Randbedingungen (Außen) – Oberfläche

WUFI Pro 7.1

Projekt Rechen Ausgabe Datenbank Ergebnisanalyse Hilfe

Projekt

Variant: 1 #1

Bauteil

Aufbau

Anfangsbedingungen

Randbedingungen (Außen)

Klima

Orientierung

Oberfläche

Randbedingungen (Innen)

Steuerung

Ergebnisse

Wärmeübergang

Wärmeübergangskoeffizient [W/m²K] 19 Gründach (IBP-Modelle)

Langwelliger Strahlungsanteil Wärmeübergangskoeffizient [W/... 6.5

Windabhängig ☐

Windabhängigkeitsformel

Dampfübergang

Zusätzlicher Diffusionswiderstand (z.B. Beschichtung), sd-Wert [m] Keine Beschichtung

Hinweis: Dieser Wert hat keinen Einfluss auf die Regenaufnahme.

Strahlung

Kurzwellige Absorption, z.B. Sonnenstrahlung [-] 0.6 Gründach, Optigrün-Modell

Strahlungsbedingte Unterkühlung ☒

Langwellige Emission, z.B. nächtliche Unterkühlung [-] 0.9

Hinweis: Explizite Strahlungsbilanz, berücksichtigt Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahl...

weitere Strahlungsparameter

Abminderungsfaktoren

Regen

Simulation berücksichtigt Regen ☒

Regenparameter

Wärmeübergangskoeffizient
(aus Liste: Gründach)

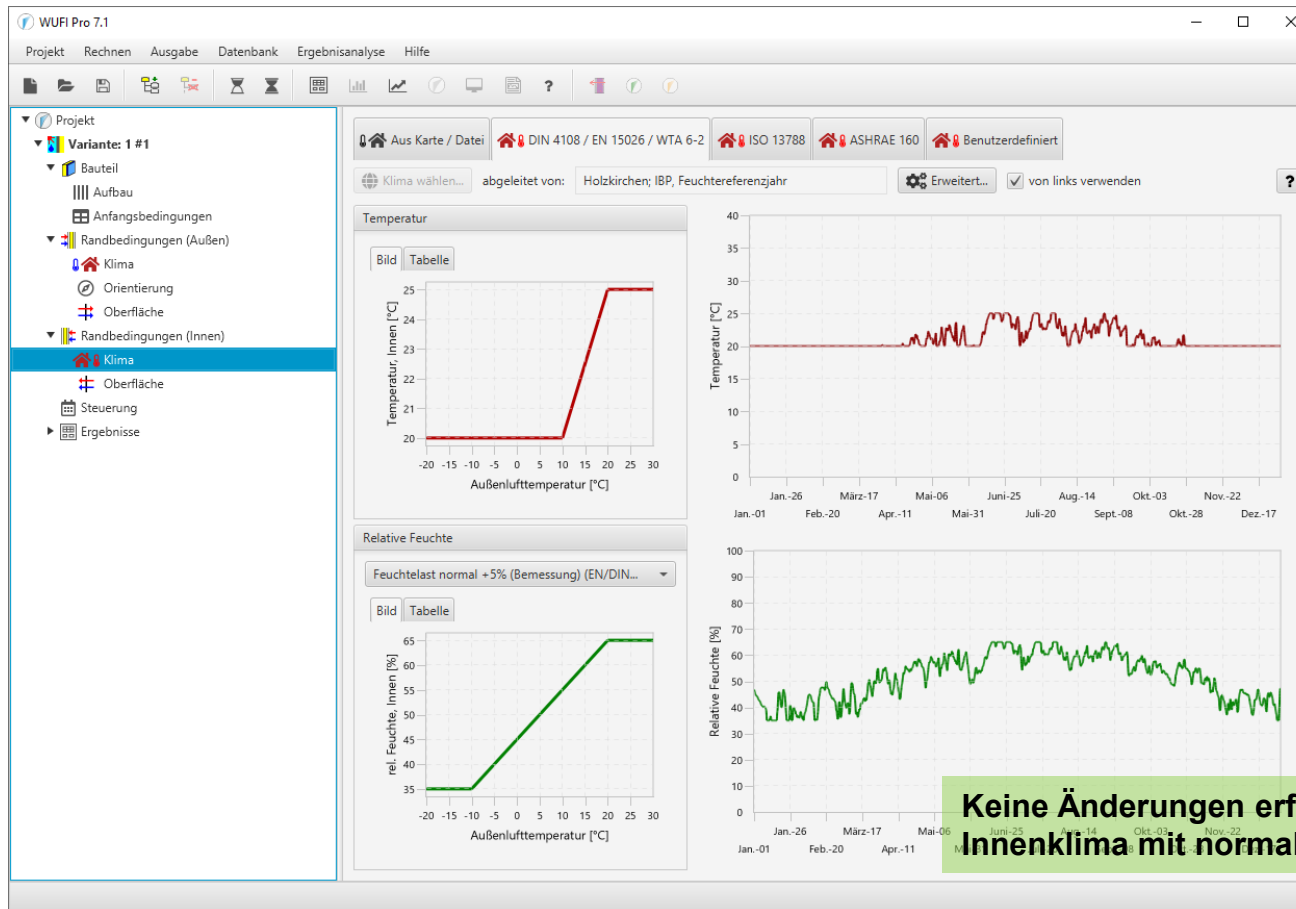
Absorption
(aus Liste: Gründach,
Optigrün-Modell)

Strahlungsbed.
Unterkühlung und
langwellige Emission

Regen wird berücksichtigt

Oberflächenübergangskoeffizienten anpassen!

Eingabe: Randbedingungen (Innen) – Klima



Beispiel: Oberflächenübergangskoeffizienten (innen)

Eingabe: Randbedingungen (Innen) – Oberfläche

WUFI Pro 7.1

Projekt Rechen Ausgabe Datenbank Ergebnisanalyse Hilfe

Projekt

- Variant: 1 #1
 - Bauteil
 - Aufbau
 - Anfangsbedingungen
 - Randbedingungen (Außen)
 - Klima
 - Orientierung
 - Oberfläche
 - Randbedingungen (Innen)
 - Klima
 - Oberfläche**
 - Steuerung
 - Ergebnisse

Wärmeübergang ?

☒ Listenauswahl von der Außenoberfläche übernehmen

Wärmeübergangskoeffizient [W/m²K] 8 Gründach (IBP-Modelle) (Innenoberfläche)

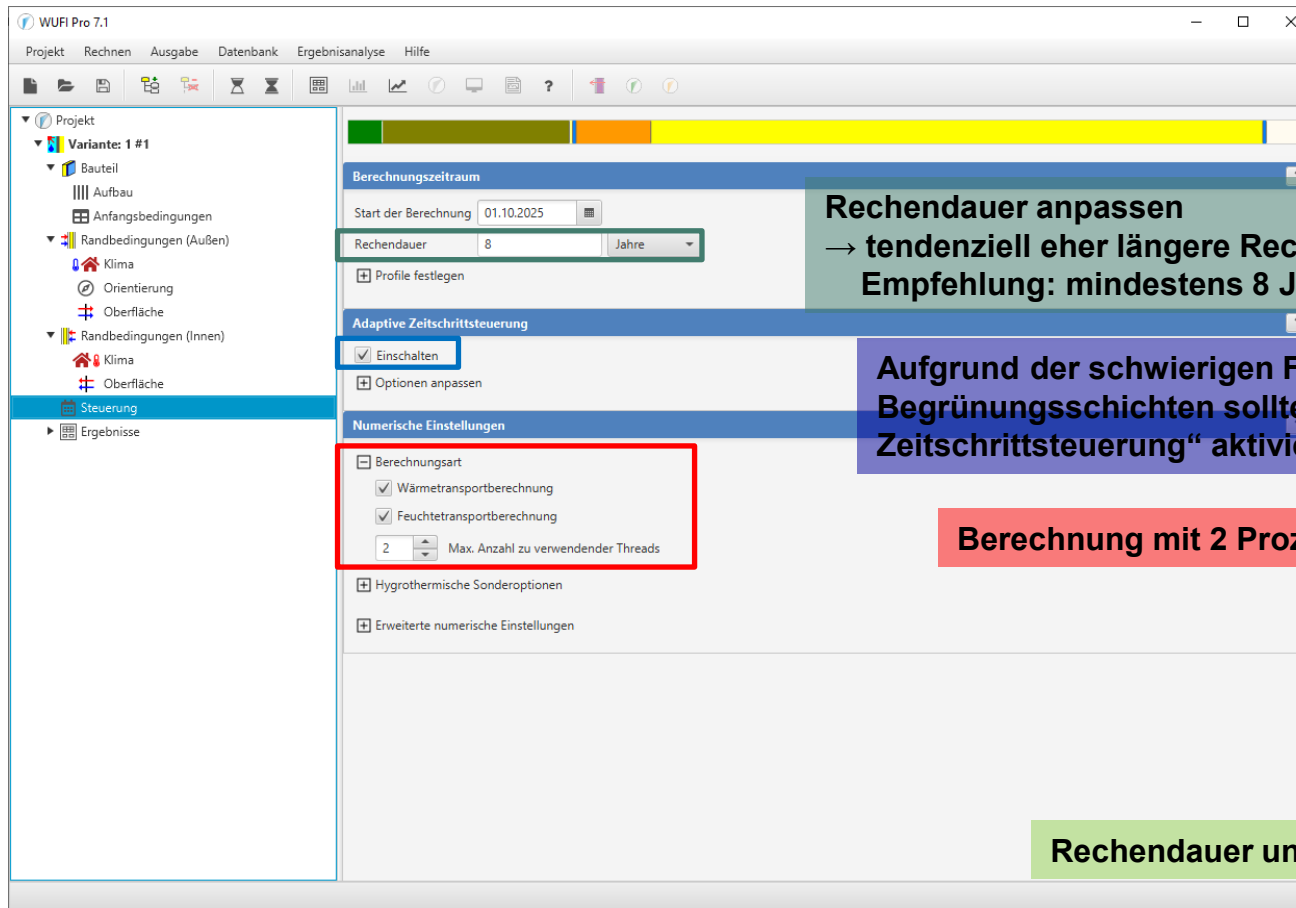
Dampfübergang ?

Zusätzlicher Diffusionswiderstand (z.B. Beschichtung), sd-Wert [m] ---- Keine Beschichtung

Keine Änderungen erforderlich

Beispiel: Rechendauer und Numerik

Eingabe: Steuerung



Rechendauer anpassen
→ tendenziell eher längere Rechendauer notwendig
Empfehlung: mindestens 8 Jahre

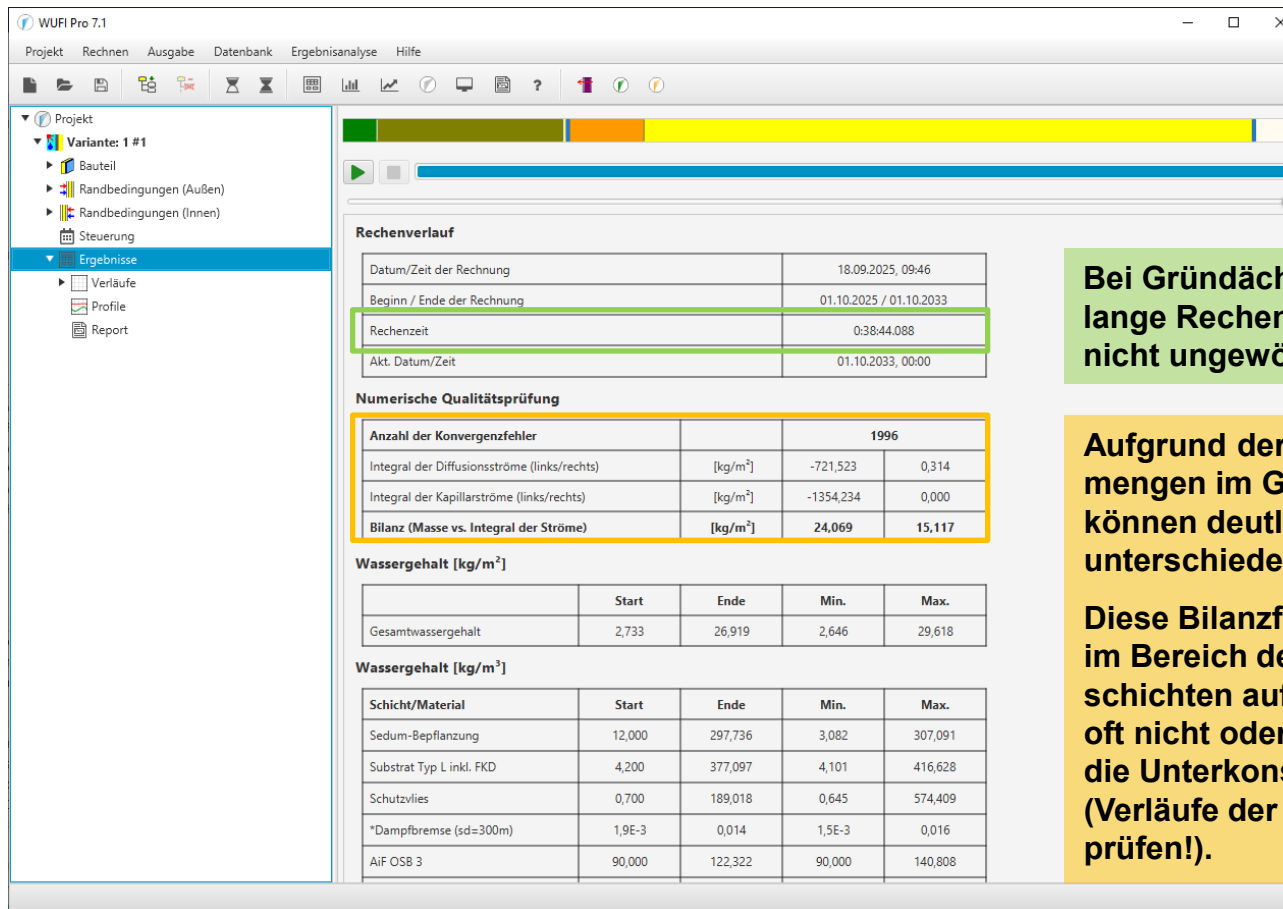
Aufgrund der schwierigen Feuchtebilanz in den Begrünungsschichten sollte hier die „Adaptive Zeitschrittsteuerung“ aktiviert werden!

Berechnung mit 2 Prozessoren empfohlen!

Rechendauer und Numerik anpassen

Beispiel: Auswertung – Numerische Qualitätsprüfung

Ergebnisse:



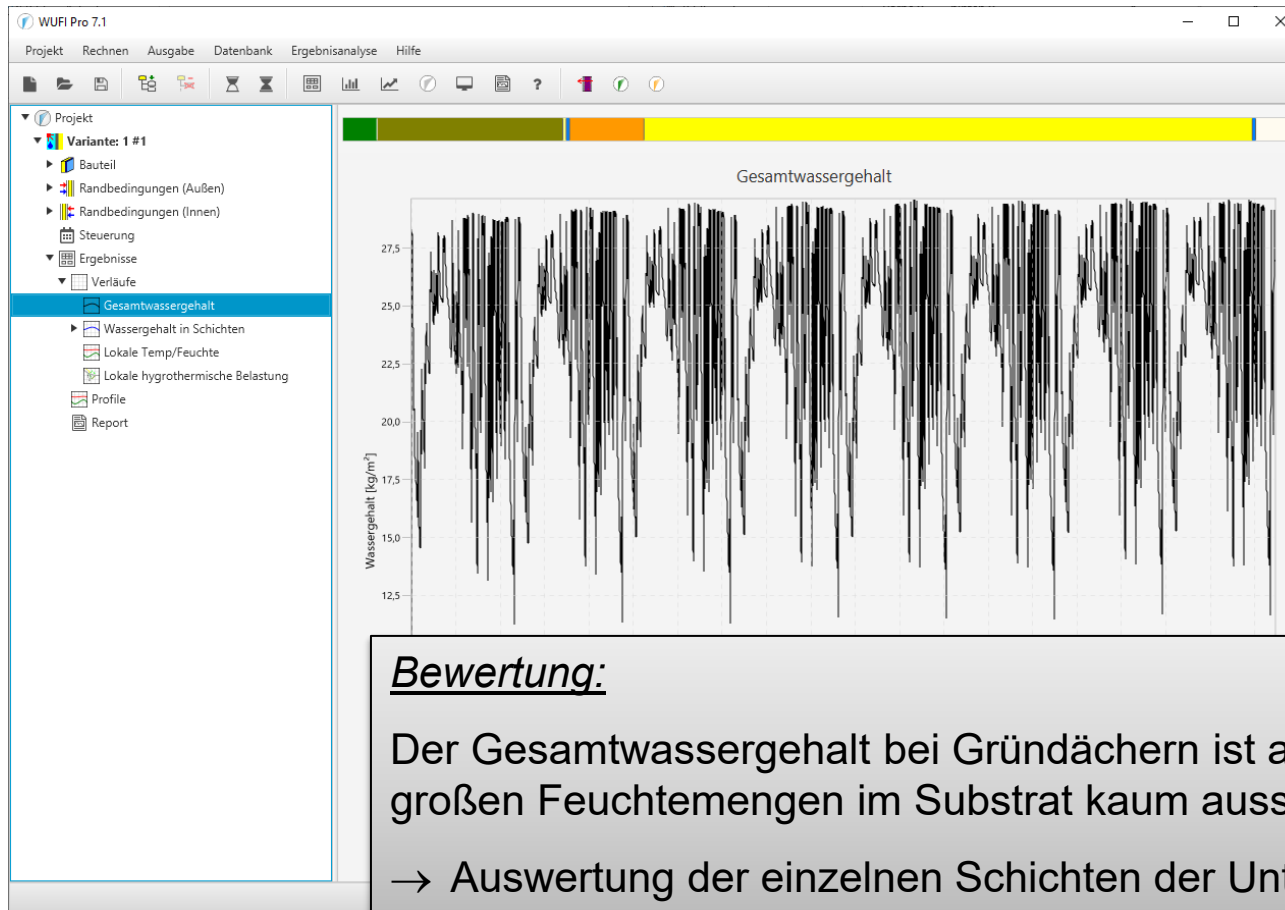
Bei Gründächern sind lange Rechenzeiten nicht ungewöhnlich!

Aufgrund der hohen Quellmengen im Gründachaufbau können deutliche Bilanzunterschiede auftreten.

Diese Bilanzfehler treten meist im Bereich der Begrünsungsschichten auf und wirken sich oft nicht oder nur marginal auf die Unterkonstruktion aus (Verläufe der Unterkonstruktion prüfen!).

Beispiel: Auswertung Gesamtwassergehalt

Auswertung: Gesamtwassergehalt



Beispiel: Auswertung OSB

Auswertung: Wassergehalt in der OSB

