

# Handbuch zur Verwendung von ProKlimaHaus Hygrothermal

## 1. Einführung

**ProKlimaHaus Hygrothermal** ist eine Software zur dynamischen hygrothermischen Simulation von opaken Bauteilen gemäß der Norm **UNI EN 15026**. Sie wird kostenlos von der **Agentur für Energie Südtirol – KlimaHaus** zur Verfügung gestellt.

Mit dieser Software lässt sich das Feuchteverhalten von Wänden und Dächern über die Zeit hinweg detailliert analysieren, insbesondere zur Überprüfung des Risikos interstitieller Kondensation.

Die Entwicklung von ProKlimaHaus Hygrothermal erfolgte im Rahmen des EU-Projekts **BuildDOP**, in Zusammenarbeit mit dem **Institut für Erneuerbare Energie von Eurac Research**.

Ziel des Projekts war es, fortschrittliche, frei zugängliche Simulationswerkzeuge für Planer:innen und Techniker:innen bereitzustellen, um die Effizienz und Dauerhaftigkeit von Bauteilen unter realen Bedingungen zu bewerten.

### Zielgruppe

Die Software richtet sich an Planer:innen, Energieberater:innen, Sanierungsexpert:innen und Fachleute aus dem Bausektor, die eine vertiefte hygrothermische Analyse über das stationäre Verfahren hinaus in ihre Projekte integrieren möchten.

### Mindestanforderungen

- Microsoft Excel Version 365 / 2019 / 2016
- Windows 10 oder höher
- Keine Installation erforderlich

## 2. Download e Start

### Download

Die Software kann kostenlos auf der offiziellen Website der KlimaHaus-Agentur heruntergeladen werden:

👉 <https://www.klimahaus.it/de/software-klimahaus-2239.html>

### Entpacken

Die heruntergeladene Datei ist ein komprimierter Ordner (.zip).  
Zur Nutzung der Software:

1. Entpacken Sie den .zip-Ordner an einem lokalen Speicherort auf Ihrem Computer.
2. **Vermeiden Sie OneDrive oder andere Cloud-Ordner**, um Konflikte mit verknüpften Dateien zu verhindern.
3. **Belassen Sie alle Dateien im ursprünglichen Ordner**, da die Funktionsweise der Software auf der vorhandenen Ordnerstruktur basiert.

## Programmstart

Um die Software zu starten:

- Öffnen Sie die Datei „**Hygrothermal\_2020 v1.1.xlsm**“ mit Excel
- Aktivieren Sie die **Makros**, falls Excel dazu auffordert (notwendig für die Funktionalität)

## Projekt speichern

- Sie können die Excel-Datei für jedes neue Projekt duplizieren und umbenennen.
- Es ist keine Installation erforderlich – **jedes Projekt arbeitet autark** mit seiner eigenen Excel-Datei.

## 3. Erstellung eines neuen Projekts

Nach dem Öffnen der Datei „**Hygrothermal\_2020 v\_1.1.xlsm**“ beginnt die Projektkonfiguration in den Tabellenblättern „**Allgemeine Daten**“ und „**Klimadaten**“.

### Sprache der Benutzeroberfläche

Die Software ist in **italienischer und deutscher Sprache** verfügbar. Die Sprache kann direkt im oberen Bereich des Blatts „**Allgemeine Daten**“ über ein Dropdown-Menü ausgewählt werden. Diese Einstellung beeinflusst die gesamte Benutzeroberfläche sowie die Beschriftung der Diagramme und Auswertungen.

### Allgemeine Daten

In diesem Tabellenblatt werden allgemeine Angaben zur geplanten Bauteilschicht eingegeben, darunter:

- Projekt- und Planername
- Standort
- Baugenehmigung

Zusätzlich stehen einige nützliche Schaltflächen zur Verfügung:

- **Export XLS**: Erstellt eine .xlsx-Datei mit den Eingabedaten (für Sicherungen oder Dokumentationen)
- **Import XLS**: Ermöglicht das Einlesen von Daten aus einem früheren Projekt und erleichtert so die Wiederverwendung

- **Export PDF:** Generiert einen vollständigen **PDF-Bericht**, der als „Fotografie“ aller Tabellenblätter betrachtet werden kann (z. B. als technische Dokumentation)

## Klimadaten

Im Tabellenblatt „**Klimadaten**“ wird die Umgebung – innen und außen – definiert.

### Außenklima

- Wählen Sie über das Dropdown-Menü den **nächstgelegenen italienischen Provinzhauptort** aus. Die Klimadaten basieren auf dem **klimatischen Normjahr** und werden vom **CTI (Comitato Termotecnico Italiano)** bereitgestellt.
- Die **Höhenlage des Gebäudes** kann angepasst werden (Zelle: Gebäudehöhe)
- Alternativ können benutzerdefinierte Klimadaten im **.wac-Format** importiert werden. Dafür muss im Dropdown-Menü als erster Eintrag „**User defined**“ gewählt werden.

Nach der Auswahl werden automatisch folgende Diagramme erstellt:

- Jahresverlauf der **Außentemperatur**
- **Relative Luftfeuchtigkeit außen**
- **Globale Strahlung**
- **Schlagregen:** Diese letzten Diagramme zeigen nur Wetterdaten an, die Regen enthalten, d. h. im Falle von vom Benutzer eingegebenen Wetterdaten

### Innenklima

Die Software ermöglicht es Ihnen, zwischen den Modellen der Normen **UNI EN ISO 13788** und **UNI EN 15026** zu wählen, die jeweils verschiedene Raumlufffeuchtigkeitsklassen anbieten.

Nachdem Sie das gewünschte Modell und die Klasse aus dem Dropdown-Menü ausgewählt haben, klicken Sie auf „**Raumklima berechnen**“, um die Diagramme für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit unten zu aktualisieren.

## 4. Einstieg des Bauteils

Die Materialien, aus denen sich das Bauteil zusammensetzt, werden immer in das Blatt „**Bauteil**“ im mittleren Abschnitt eingetragen. Hier ist es möglich, die Dicke und Abfolge der Schichten **von innen nach außen** zu konstruieren.

### Hinzufügen und Entfernen von Materialien

So verwalten Sie Ebenen:

- Klicken Sie auf die Schaltfläche „+“, um eine neue Ebene hinzuzufügen.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche „-“, um eine ausgewählte Ebene zu entfernen.

Jeder Klick öffnet ein Dialogfeld zur Materialauswahl.

☞ Alle Materialschichten müssen in der Reihenfolge ihres Auftretens von innen nach außen in die Stratigraphie eingefügt werden.

## Auswahl von Materialien aus der Datenbank

Im Auswahlfenster können Sie

- **Wählen Sie eine Materialkategorie** (z.B. Dämmung, Ziegel, Putz...)
- Blättern Sie oder **suchen Sie nach dem Namen** des gewünschten Materials
- **Sortieren Sie die Liste der Materialien** innerhalb der Kategorie nach:
  - alphabetische Reihenfolge
  - zunehmende oder abnehmende Werte einer physikalischen Eigenschaft ( $\lambda$ ,  $\mu$ , Dichte, ecc.)

☞ **Es ist obligatorisch, Materialien aus der integrierten Datenbank auszuwählen.**

Es ist nicht möglich, ein Material durch direktes Ausfüllen von Excel-Zellen hinzuzufügen: In diesem Fall werden die Daten von der Software nicht korrekt erkannt und **die Simulation wird nicht durchgeführt.**

## Anpassung der Materialien

So fügen Sie ein Material mit bestimmten Eigenschaften ein, das nicht in der Datenbank vorhanden ist:

1. Wählen Sie ein **ähnliches** Material aus einer geeigneten Kategorie
2. Nach dem Hinzufügen zur Liste der Schichten **bearbeiten Sie manuell seine technischen Werte** ( $\lambda$ ,  $\mu$ , Dichte, Wärmekapazität, Dicke...)

Auf diese Weise hält die Software die interne Verbindung aufrecht und die Struktur funktioniert korrekt.

## Management von Membranen und dünnen Materialien

Die Materialien in der Kategorie „**Abdichtungen, Membranen, Dichtungen**“ werden nicht als ‚massive‘ Materialien behandelt, sondern als „**Kontaktbedingungen**“, d. h. sie haben keinen Einfluss auf die Masse oder die Dicke, sondern nur auf die **Dampfdurchlässigkeit (sd-Wert)**.

Diese Kategorie umfasst:

- Dampfsperrfolien
- Abdichtungsmembranen
- Abdichtungen und sehr dünne Schichten

- Hygroskopische Membranen

## Hygroskopische Membranen

So prüfen Sie, ob eine Membran hygroskopisch ist:

- Wählen Sie das Produkt in der Kategorie
- Im oberen Fenster sehen Sie die Worte: ‚**sd adaptive**‘, gefolgt von einem **Bereich von sd-Werten** (z. B. 0,3-10 m)

👉 Bei Vorhandensein von hygrovariablen Membranen verwendet die Software ein spezielles Modell zur Berechnung der **dynamischen Veränderung des Dampf Widerstands in Abhängigkeit** von der relativen Luftfeuchtigkeit.

## 5. Berechnungseinstellungen

Das Blatt „**Bauteil**“ ist das operative Herz der Software, in dem nicht nur die Materialien des Bauelements, sondern auch die **Simulationsparameter** und **Randbedingungen** definiert werden.

### Wahl des Bauteil-Typs

In der oberen rechten Ecke des Blattes „Stratigraphie“ befindet sich ein Dropdown-Menü, mit dem Sie die Art des zu simulierenden Bauteils auswählen können. Diese Auswahl ist von entscheidender Bedeutung, da sie sich auf die Randbedingungen und die Art und Weise auswirkt, in der das Bauteil äußeren Einflüssen ausgesetzt ist.

Die verfügbaren Optionen sind:

- **Unbelüftete Außenwand**
- **Belüftete Außenwand**
- **Nicht belüftete Außendecke**
- **Belüftete Außendecke**

👉 *Note:* die Wahl des Elementtyps muss vor dem Einfügen der Schichten erfolgen, da sie bestimmte Einstellungen und die angewandten physikalischen Modelle (z. B. Behandlung der Außenlüftung) bedingt.

### Simulationsdauer und Ausgangsbedingungen

Am unteren Rand des Blattes können Sie Folgendes einstellen:

- Die Dauer der Simulation (in Jahren).
  - 👉 **Die empfohlene Mindestdauer beträgt 3 Jahre**, damit die Simulation die Auswirkungen der Ausgangsbedingungen abfedern kann.
- Die **Ausgangsbedingungen** sind voreingestellt auf:
  - Temperatur: **20 °C**

- Relative Feuchtigkeit: **80%** in allen Schichten

Der letztgenannte Wert ist veränderbar, stellt aber **einen guten Ausgangspunkt** für die meisten Simulationen dar.

### Andere konfigurierbare Parameter

Auf dem Blatt *Bauteil* finden Sie auch andere Daten, die die Simulation beeinflussen:

- **Ausrichtung des Bauwerks** (Norden, Süden, usw.)
- **Neigung** (horizontal, vertikal, schräg)
- **Exposition gegenüber Regen** (starker Regen)
- **Parameter des Wärmedurchgangs**

Diese Parameter sind wichtig für die genaue Festlegung der **Randbedingungen**.

### Parameter der Dampfdurchlässigkeit

Eines der heikelsten Elemente der Simulation ist die korrekte Darstellung des **Widerstands gegen den Dampfdurchgang**, insbesondere bei sehr dünnen Materialien wie Farben oder Membranen.

Im Feld „**Parameter Feuchtentransport**“, das sich am unteren Rand des Blattes Stratigraphie befindet, können Sie die **sd [m]-Werte** eingeben für:

- **Innen- und Außenanstrich**  
Diese Schichten **müssen nicht in die eigentliche Stratigraphie einbezogen werden** (da sie zu dünn sind, um als Elemente mit Masse simuliert zu werden), aber wenn sie einen **signifikanten Einfluss auf die Dampfdiffusion haben**, ist es wichtig, sie hier anzugeben.
- **Atmungsaktive Membranen oder Dampfbremsen**  
Handelt es sich bei **der ersten oder letzten Schicht des Bauteils um eine Membran**, z. B. bei einem belüfteten Dach, bei dem die Stratigraphie vor der Luftkammer unterbrochen wird, sollte diese nicht als physikalische Schicht, sondern nur als Dampfwiderstand modelliert werden. In solchen Fällen wird der sd-Wert der Membran direkt in den Spiegel eingetragen, wiederum unter „**Zusätzliche Sd**“.

👉 **Achtung:** Diese Materialien dürfen nicht sowohl in die Stratigraphie als auch im Feld „Parameter Feuchtentransport“ aufgenommen werden, um **Überschätzungen oder Duplikate** in der Simulation zu vermeiden.

## 6. Durchführung der Simulation

Sobald die Definition der Stratigraphie und der Berechnungsparameter abgeschlossen ist, kann mit der **dynamischen thermohygrometrischen Simulation** begonnen werden.

### Einrichtung von Beobachtungsmonitoren

Bevor die Simulation gestartet wird, können bis zu **3 „Monitore“** eingegeben werden

### Was sind Monitore?

Monitore sind **Beobachtungspunkte** innerhalb des Bauelements: virtuelle „Augen“, die die Entwicklung von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Wassergehalt an einem bestimmten Punkt in der Schicht im Laufe der Zeit aufzeichnen.

### Wie werden sie eingestellt?

- Die Monitore werden aktiviert, indem ihre **Position in mm** in das entsprechende Feld des Blattes „Bauteil“ eingegeben wird.
- Die Position muss von der **Innenseite zur Außenseite** des Bauteils referenziert werden.

### Technischer Hinweis:

Es ist eine gute Praxis, mindestens einen Monitor an einer **kritischen Stelle** zu platzieren, z. B.:

- Auf der **kalten Seite der Dämmung**
- An der Grenzfläche **zwischen Materialien mit unterschiedlicher Dampfdiffusionsfähigkeit**
- In der **Nähe von Dampfsperren oder -membranen**

Anhand dieser Punkte lässt sich das Risiko einer interstitiellen Kondensation oder einer Feuchtigkeitsansammlung beurteilen.

### Starten Sie die Berechnung

Wenn alle Parameter eingestellt sind:

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **“Start Delphin Solver”**
2. Die Software startet das **Delphin-Berechnungsprogramm** und beginnt die Simulation

Die benötigte Zeit hängt von der eingestellten Dauer, der Komplexität der Stratigraphie und der Leistung des Computers ab. Während der Berechnung kann es vorkommen, dass Excel vorübergehend nicht reagiert: **Unterbrechen Sie die Verarbeitung nicht.**

Am Ende der Simulation sind die Ergebnisse automatisch in den **Grafiken und Tabellen** verfügbar, die in den anderen Blättern der Excel-Datei erstellt wurden.

## 7. Analyse der Ergebnisse

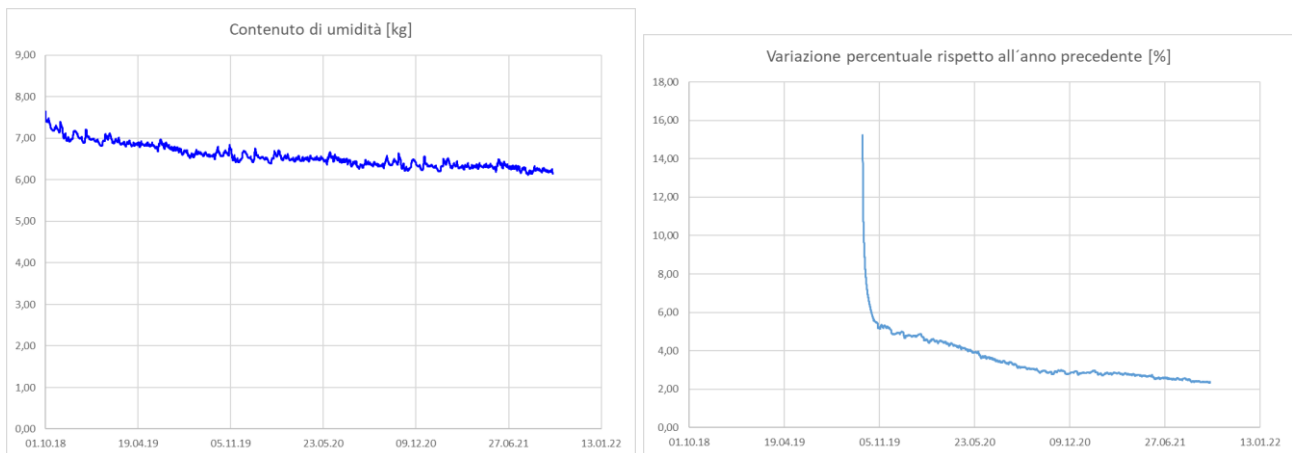
Alle von ProKlimaHaus Hygrothermal erzeugten **Ergebnisse sind grafisch** dargestellt und werden in den letzten Blättern der Excel-Datei ausgegeben. Diese Ergebnisse liefern **keine direkte Beurteilung**, sondern müssen vom technischen Benutzer auf der Grundlage des Trends der simulierten Parameter **interpretiert** werden.

Die Analyse der Ergebnisse kann in **drei grundlegende Schritte** unterteilt werden:

## 1. Überprüfung der Zuverlässigkeit der Simulation - Blatt „Wassergehalt“

Der erste Schritt besteht darin, zu beurteilen, ob die Simulation **einen periodischen Zustand** erreicht hat, d. h. ob das Verhalten des Systems im Zeitverlauf als repräsentativ angesehen werden kann.

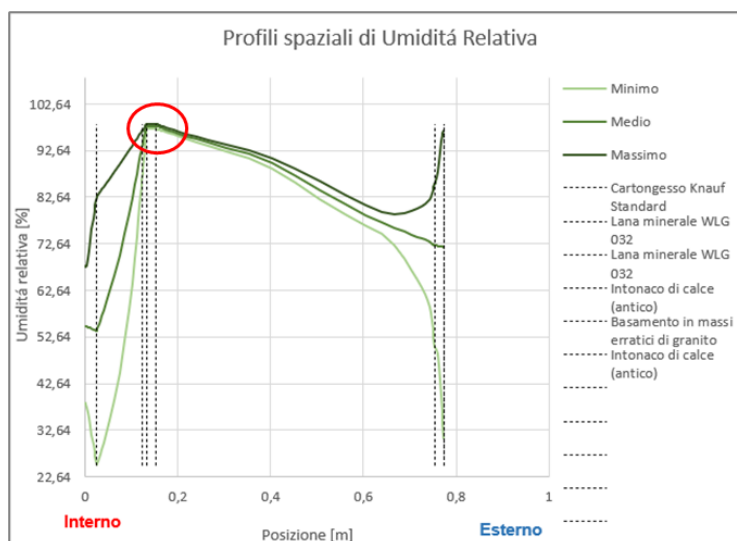
Das Blatt „**Wassergehalt**“ enthält die Grafik „**Prozentuale Veränderung gegenüber dem Vorjahr**“. Dieser Wert muss sich im letzten simulierten Jahr auf 1 % oder weniger belaufen, was bedeutet, dass das periodische Verhalten erreicht wurde.



### 👉 Wichtiger Hinweis:

Diese Überprüfung bezieht sich **nicht auf die Qualität des Bauteils, sondern nur auf die Stabilität des simulierten Modells**. Wenn der Feuchtigkeitsgehalt von Jahr zu Jahr zu stark schwankt, ist die Simulation noch nicht stabil und die Endergebnisse können nicht als zuverlässig angesehen werden.

## 2. Verlauf im Bauteil – Blatt “Profile”



Das Blatt „**Profile**“ enthält Diagramme über den Trend:

- der Temperatur
- der relativen Luftfeuchtigkeit
- des Wassergehalts

... entlang der Dicke des Bauelements im letzten Simulationsjahr.

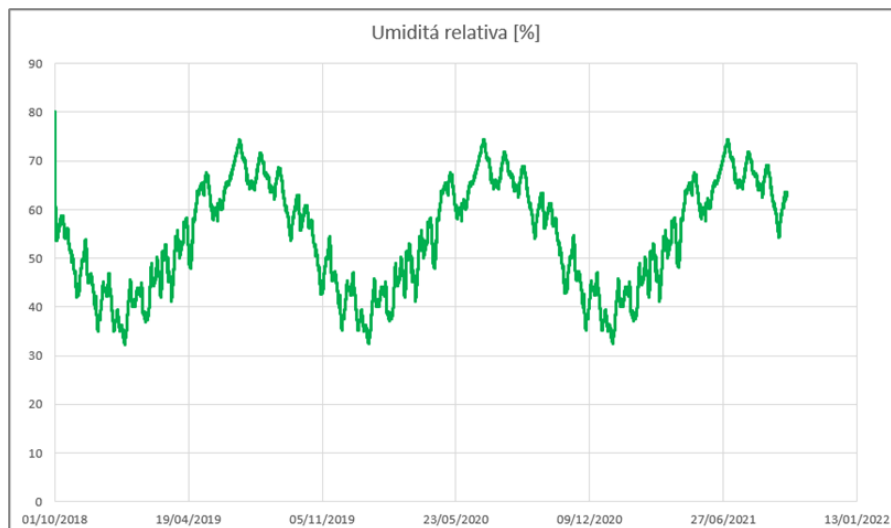
Für jede Variable werden die Werte angezeigt:

- Minimum
- Mittel
- Maximum

Diese räumlichen Profile ermöglichen es

- **kritische Punkte zu identifizieren**, wie z.B. Bereiche mit dem Risiko einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit oder Wasseransammlung
- zu verstehen, wo es am sinnvollsten ist, einen oder **mehrere Monitore** in nachfolgende Simulationen einzufügen

### 3. Zeitliche Analyse - Blätter "Layer x und Monitor x"



Am Ende der Simulation wird für jede Materialschicht und die Blätter des Monitors ein Blatt erstellt, in dem die Zeitkurven für die:

- Temperatur
- Relative Luftfeuchtigkeit
- Feuchtigkeitsgehalt

Dies ist der **zeitliche Verlauf** der wichtigsten thermohygrometrischen Parameter für jeden Beobachtungspunkt auf stündlicher Basis.

In dieser Phase ist es entscheidend:

- Analyse des letzten Teils der Kurve (der dem **letzten Jahr der Simulation** entspricht)

- Identifizierung der **Spitzenwerte** der relativen Luftfeuchtigkeit und des Feuchtigkeitsgehalts

## Vergleiche und Grenzen

Die simulierten Werte müssen verglichen werden mit:

- **Grenzwerte des Materialherstellers** (falls verfügbar)
- **Technische Grenzwerte aus der Literatur**
- **Referenzwerte der KlimaHaus-Richtlinie**, wenn die Simulation auf eine KlimaHaus-Zertifizierung abzielt

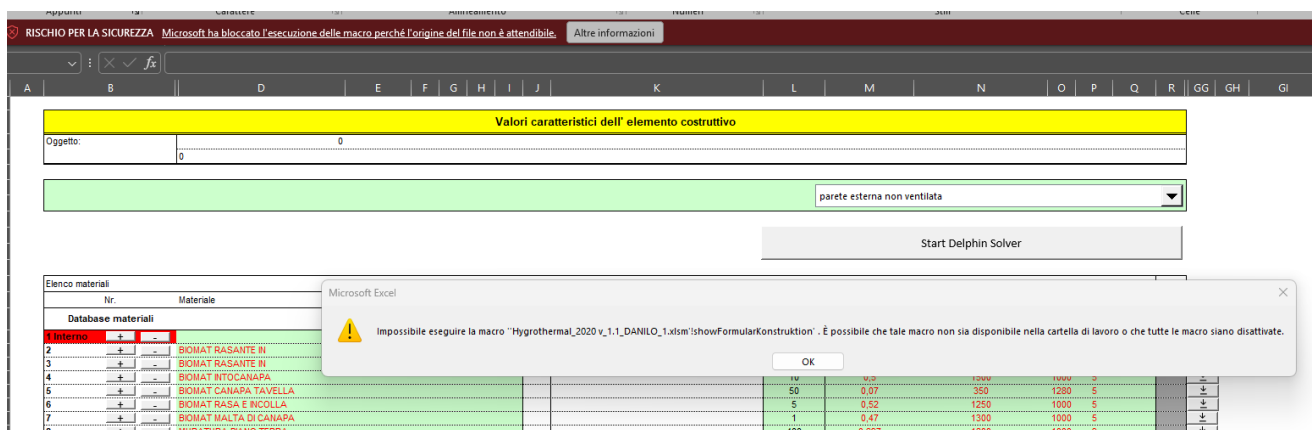
## 8. Häufige Fehler in ProKlimaHaus Hygrothermal und wie man sie behebt

Bei der Verwendung der ProKlimaHaus Hygrothermal-Software können manchmal Fehler auftreten, die eine korrekte Ausführung verhindern. In den meisten Fällen können die Probleme auf **Sicherheits Einschränkungen durch Excel, Windows Defender oder andere Antivirenprogramme** zurückgeführt werden.

### Grundregeln zur Vermeidung von Problemen

- Speichern Sie den Hygrothermal-Ordner lokal, z.B. auf dem Desktop oder in Dokumenten
- Speichern Sie ihn nicht in mit OneDrive oder Dropbox synchronisierten Ordnern
- Dateien im Originalordner nicht verschieben oder umbenennen
- Starten Sie die Software immer aus Excel mit aktivierten Makros

### 1. Blockierte Makros (roter Balken beim Öffnen der Datei)



RISCHIO PER LA SICUREZZA Microsoft ha bloccato l'esecuzione delle macro perché l'origine del file non è attendibile. Altre informazioni

Valori caratteristici dell'elemento costruttivo

Oggetto: 0

parete esterna non ventilata

Start Delphin Solver

Elenco materiali

Nr.	Materiale	W	ρ	λ	μ	α	β
1	Interno						
2	BOMAT RASANTE IN						
3	BOMAT RASANTE IN						
4	BOMAT MOCANAPA						
5	BOMAT CANAPA TAVELLA	50	0,07	350	1280	5	
6	BOMAT RASA E INCOLLA	5	0,52	1250	1000	5	
7	BOMAT MALTA DI CANAPA	1	0,47	1300	1000	5	
8	MURATURA PIANO TERRA	400	0,697	1800	1000	9	

Microsoft Excel

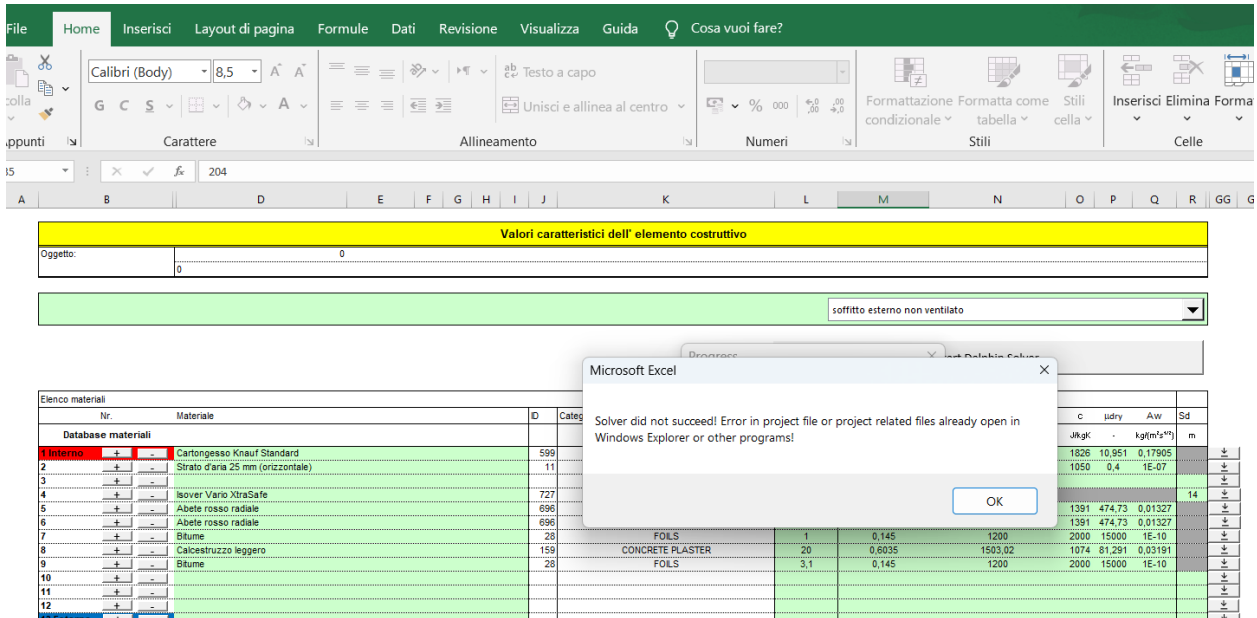
Impossibile eseguire la macro "Hygrothermal\_2020\_v.1.1\_DANILO\_1.xlsm"\'s:showFormularKonstruktion'. È possibile che tale macro non sia disponibile nella cartella di lavoro o che tutte le macro siano disattivate.

OK

### Lösung:

1. Schließen Sie die Excel-Datei
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Excel-Datei → **Eigenschaften**
3. Suchen Sie im Fenster den Punkt „**Sperre aufheben**“ und wählen Sie ihn aus
4. Klicken Sie auf „Übernehmen“ und öffnen Sie die Datei erneut

## 2. Fehler "Solver did not succeed"



The screenshot shows the Microsoft Excel interface. A dialog box titled "Microsoft Excel" is open in the center, displaying the error message: "Solver did not succeed! Error in project file or project related files already open in Windows Explorer or other programs!". The background shows a spreadsheet with a table of materials. The table has columns for "Nr.", "Materiale", "ID", "Catego", "c", "udry", "Aw", and "Sd". The "Materiale" column lists various materials like "Cartongesso Knauf Standard", "Strato d'aria 25 mm (orizzontale)", "Isoper Vario XtraSafe", "Abete rosso radiale", "Bitume", "FOLS", and "CONCRETE PLASTER". The "Aw" column shows values like 0,17905, 1E-07, 0,01327, 1E-10, 0,03191, 1E-10.

### Ursachen und mögliche Lösungen:

#### a. Manuelle Eingabe von Materialien

- Die Eingabe von Materialien durch **direkte Eingabe von Daten in das Blatt „Bauteil“ ist verboten.**
- Es ist zwingend erforderlich, Materialien aus der integrierten Datenbank auszuwählen. Für benutzerdefinierte Materialien: wählen Sie ein ähnliches Material aus der Datenbank und ändern Sie dann die Parameter

#### b. Externe Dateien, die von Antivirus oder Excel blockiert werden

- Hinzufügen des Hygrothermal-Ordners als **vertrauenswürdiger Speicherort in Excel**:
  - Excel → Datei → **Optionen** → **Sicherheitscenter**
  - Sicherheitscenter-Einstellungen → **Vertrauenswürdige Speicherorte**
  - Klicken Sie auf „**Neuen Speicherort hinzufügen**“ und wählen Sie den Hygrothermal-Ordner
  - Aktivieren Sie auch "**Unterrordner einbeziehen**"

#### c. Makros deaktiviert

- Aktivieren Sie im **Schutzzentrum VBA-Makros**:
  - Empfohlene Option: **'Nur unsignierte VBA-Makros deaktivieren'**
  - alternativ (wenn erlaubt): **“Alle VBA-Makros aktivieren”**

#### d. Antivirus-Blocker oder Windows Defender

- Bei anhaltenden Problemen wenden Sie sich an die **IT-Abteilung** und **beantragen eine Ausnahme für den Hygrothermal-Ordner in der Antiviren-Software und in Windows Defender**

## 9. Nützliche Ressourcen

Um mehr über die Verwendung der **ProKlimaHaus Hygrothermal Software** zu erfahren oder technische Unterstützung zu erhalten, finden Sie hier einige empfohlene Ressourcen:

### Download und Dokumentation

- **Offizielle Website der KlimaHaus Agentur**  
<https://www.klimahaus.it/de/software-klimahaus-2239.html>  
→ Kostenloser Software-Download, Updates und Anleitung für die ersten Schritte
- **KlimaHaus Technische Richtlinie**  
<https://www.klimahaus.it/de/technische-richtlinie-neubau-bestandsgebaeude-und-sanierung-2025--10-1327.html>

### Referenzstandards

- **UNI EN 15026** – Dynamische thermohygrometrische Simulation
- **UNI EN ISO 13788** – Überprüfung des Kondensatrisikos mit der stationären Methode

### Unterstützung und Kontakte

- **KlimaHaus-Projekte**  
Kontakt zur internen Kontaktperson für die Praxis
- **Allgemeine Fragen**  
Schreiben Sie an [info@klimahausagentur.it](mailto:info@klimahausagentur.it)