

# COND 2 Benutzerhandbuch

2. April 2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>2</b>
1.1 Registrierung / Lizenz . . . . .	2
1.2 Was ist COND? . . . . .	2
1.3 Theoretische Grundlagen . . . . .	3
1.4 Erstellung eines Projektes . . . . .	7
1.5 DELPHIN und COND . . . . .	8
<b>2 Programmbeschreibung</b>	<b>8</b>
2.1 Das Hauptfenster . . . . .	8
2.2 Das COND-Diagramm . . . . .	18
2.3 Einstellungen . . . . .	20
2.4 Benutzerdefinierte Einstellungen . . . . .	23
<b>3 Drucken der Ergebnisse</b>	<b>23</b>
3.1 Drucker einrichten . . . . .	23
3.2 Druckeinstellungen . . . . .	23
3.3 COND Ergebnistabelle . . . . .	28
<b>4 Materialliste</b>	<b>29</b>
4.1 Überblick . . . . .	29
4.2 Material- und Konstruktionsdatenbank . . . . .	29
<b>5 FAQ / Spezielle Berechnungen</b>	<b>35</b>
5.1 Berechnungen mit Oberflächenkondensat . . . . .	35
5.2 Berechnung einschichtiger Konstruktionen . . . . .	35
5.3 Berechnung inhomogener Querschnitte . . . . .	36
5.4 Berechnung diffusionsdichter Konstruktionen . . . . .	36
5.5 Statt Ergebnis Fehlermeldung . . . . .	37

# 1 Einführung

Herzlichen Dank, dass Sie sich die Zeit zum Lesen dieses Handbuchs nehmen. COND ist so konzipiert, dass nur in wenigen Fällen das Nachschlagen im Online-Handbuch notwendig werden sollte. Dennoch kann in diesem Handbuch sicher der eine oder andere Hinweis gefunden werden, der die Arbeit mit COND erleichtert. Dieses Online-Hilfe bezieht sich auf die Version 2.0.

Das vorliegende COND-Programm ist eine neue, überarbeitete Version basierend auf COND 1.9. Die Oberfläche wurde von Grund auf neu entwickelt und die Materialdatenbank stark erweitert. Ebenso wurde der dem Programm zugrunde liegende Berechnungsalgorithmus von Prof. Dr.-Ing. habil. P. Häupl modifiziert und erweitert. Was COND alles kann und für welche Aufgabenstellungen es geeignete Antworten liefert, wird im Abschnitt "Was ist COND?" beschrieben. Die theoretischen Grundlagen des Verfahrens werden im Abschnitt "1.3" kurz erläutert.

Informationen zu COND und Programmaktualisierungen finden Sie auf unserer Webseite: "[www.bauklimatik-dresden.de/downloads.php](http://www.bauklimatik-dresden.de/downloads.php)"

## 1.1 Registrierung / Lizenz

Das COND Programm gibt es als DEMO-Version und als Lizenz-Version. Die Demo-Version wird nur zum Testen und Bewerten der Software herausgegeben und darf nicht kommerziell genutzt werden. Unsere Webseite: "[www.bauklimatik-dresden.de/cond](http://www.bauklimatik-dresden.de/cond)" beschreibt, wie Sie eine Lizenz für die COND Vollversion erwerben können. Sie können auch direkt eine E-Mail an "[cond@bauklimatik-dresden.de](mailto:cond@bauklimatik-dresden.de)" schicken.

Generell gilt, dass ohne das Erwerben einer COND-Lizenz eine kommerzielle Nutzung des Programmes nicht gestattet ist.

Bei der Lizenz-Version sind verschiedene Lizenzmodelle (Vollversion, Volumenlizenz, Studentenlizenz etc.) möglich. Wenn Sie bereits eine solche Version installiert haben erscheint beim ersten Start des Programmes ein Dialog zur Eingabe und Anforderung der Lizenzinformationen. Bitte geben Sie da alle notwendigen Informationen an. Von diesem Dialog aus lässt sich eine Mail an das Supportteam versenden, so dass Ihnen dann der endgültige Lizenzschlüssel zugesandt werden kann.

## 1.2 Was ist COND?

COND ist ein Bewertungsprogramm zur hygrothermischen Beurteilung von Umfassungskonstruktionen. Unter Umfassungskonstruktionen werden in diesem Zusammenhang Außenwände, auch erdanliegend, und Dächer verstanden. Mit Hilfe des Programmes können verschiedenste Konstruktionen erzeugt und hinsichtlich des Wärme- und Feuchtetransports durch die Konstruktion eingeschätzt werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Berechnung der Konstruktionen mit

stark vereinfachten Materialfunktionen sowie vereinfachten Transportgleichungen durchgeführt wird. Der schnelle Berechnungsalgorithmus liefert sofort nach Änderung der Konstruktion oder der Klimabedingungen Ergebnisse.

COND ist kein Simulationsprogramm. Es kann nicht die tatsächlich eintretenden und zeitlich veränderlichen Temperatur- und Feuchtefelder vorhersagen. Es kann jedoch Erwartungswerte liefern, die eine Beurteilung der Konstruktion erlauben. COND hilft somit einzuschätzen, wie sich die Konstruktion prinzipiell unter den gewählten Bedingungen verhalten wird.

Mitunter ist die realitätsnahe Simulation einer Konstruktion unabdingbar, z.B. wenn der Nachweis eines Konstruktionsdetails erbracht werden soll. Zu diesem Zweck sollte ein numerisches Simulationsprogramm (wie z. Bsp. Delphin) verwendet werden, welches nicht nur über ein vollständiges Materialmodell verfügt, sondern auch mit realen Klimabedingungen rechnen kann.

COND wurde objektorientiert in der Programmiersprache C++ programmiert. Durch die modularisierte Programmierung kann der Rechenkern des Programmes auch separat durch Verwendung des COND-Solvers genutzt werden.

### 1.3 Theoretische Grundlagen

Das dem COND-Programm zu Grunde liegende Berechnungsschema ist in der folgenden Publikation im Detail beschrieben und abgeleitet: *Nicolai, A., Der generalisierte COND-Algorithmus zur hygrothermischen Bewertung von Konstruktionen, Bauphysik, WILEY-VCH Verlag, 2012, 34, 24-31.*

Eine kurze Einführung soll hier das Prinzip des Verfahrens beschreiben.

#### Überblick über das COND-Verfahren

Ausgehend von einer **dampfdurchlässigen Konstruktion**, die aus mehreren Schichten bestehen kann, wird der **eindimensionale, stationäre** Wärme- und Feuchtetransport betrachtet. Zu beiden Seiten der Konstruktion soll ein **konstantes Klima** anliegen. Dieses Klima wird vereinfachend durch Temperatur und Luftfeuchte für die jeweilige Seite der Konstruktion beschrieben (im Folgenden bezeichnet der Index  $i$  die Innenseite und der Index  $e$  die Außenseite der Konstruktion).

Infolge des Temperaturgefälles kommt es zu einem Wärmestrom durch die Konstruktion. Nach einer gewissen Zeit, die mitunter mehrere Jahre dauern kann, stellen sich ein stationärer Wärmestrom und ein Temperaturprofil ein (Abbildung 1), d.h. das Temperaturprofil ändert sich nicht.

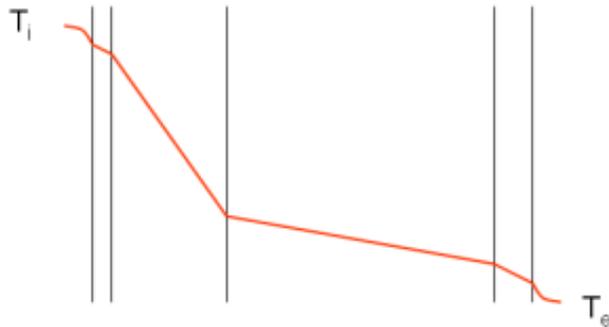


Abbildung 1: Stationäres Temperaturprofil in der Kondensationsperiode

Das **Dampfdruckgefälle** bewirkt einen Dampfstrom durch die Konstruktion. Auch hier stellt sich nach einer gewissen Zeit ein stationärer Zustand ein. COND berechnet den **stationären Dampf- und Wärmestrom** und die daraus resultierenden Dampfdruck- und Temperaturprofile.

Überschreitet der berechnete Dampfdruck  $p_v$  an irgendeiner Stelle innerhalb der Konstruktion den (direkt von der Temperatur abhängigen) Sättigungsdampfdruck  $p_{sat}$ , kommt es zur **Kondensation** (siehe Abbildung 2, an der rot umrandeten Materialgrenze entsteht Kondensat).

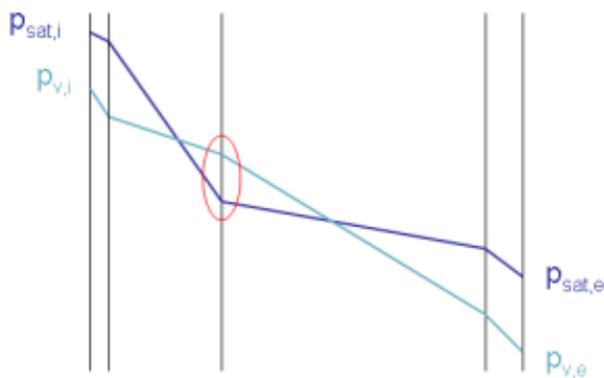


Abbildung 2: Sättigungsdampfdruck- und Dampfdruckprofile mit Kondensationssebene

Mit dem traditionellen Glaser-Verfahren wird nun die Kondensatmenge abgeschätzt, indem die Dampfströme von der Innenseite zur Kondensatebene und vom Kondensationsbereich zur Außenseite berechnet werden. Die Differenz der Ströme wird dann mit der Dauer der Kondensationsperiode multipliziert und so das zu erwartende Kondensat abgeschätzt (siehe Abbildung 3).

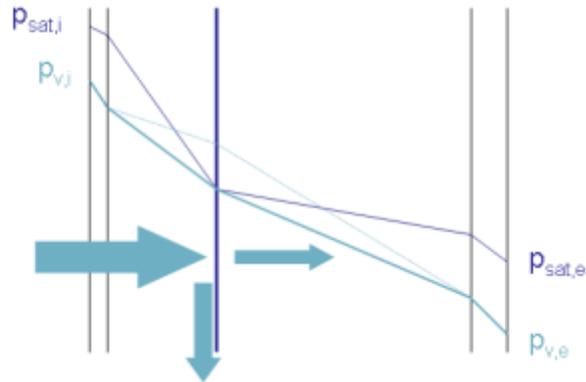


Abbildung 3: Aus dem Ungleichgewicht der Dampfströme zur und von der Kondensatebene weg wird Kondensat berechnet (Glaser)

Es wird beim Glaser-Verfahren davon ausgegangen, dass das Kondensat *zwischen* den Schichten entsteht und dort auch gespeichert wird. Unabhängig von der tatsächlich anfallenden Kondensatmenge bleiben die Dampfströme und der Kondensationsbereich konstant, da **eine Ausbreitung des Kondensats bei Glaser nicht berücksichtigt** wird.

Sobald sich in der Konstruktion Kondensat bildet, stellen sich in der Realität jedoch zusätzlich zu den Dampfströmen nun auch vom Kondensationsbereich wegführende **Flüssigwasserströme** ein (kapillare Leitung). Dieser Prozess wird im COND-Verfahren berücksichtigt und erlaubt eine realitätsnähere Beschreibung der Feuchtetransportprozesse. In Abbildung 4 sind die sich überlagernden Dampf- und Flüssigwasserströme in der Nähe des Kondensationsbereichs dargestellt.

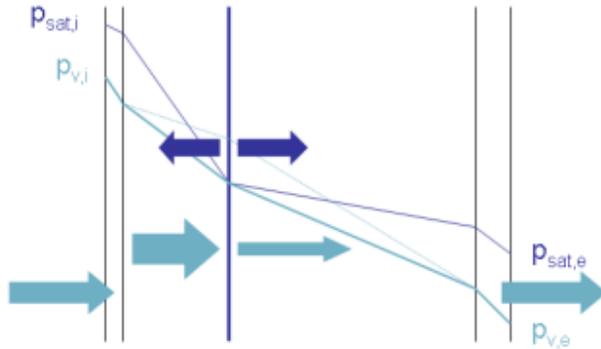


Abbildung 4: Dampfströme (hellblau) und von der Kondensatebene wegführende Flüssigwasserströme (dunkelblau), im stationären Zustand sind Dampfströme in die Konstruktion und aus der Konstruktion heraus gleich groß

Nun werden zur Berechnung der **Feuchteverteilung im stationären Zustand** zwei Festlegungen getroffen:

1. Es herrscht ein globaler Gleichgewichtszustand, d.h. der in die Konstruktion eindiffundierende Dampfstrom ist genauso groß wie der an der anderen Seite heraus diffundierende Dampfstrom.
2. Im stationären Zustand gilt ein lokales Gleichgewicht, d.h. die sich überlagernden Flüssigwasser- und Dampfströme sind zusammen stets genauso groß wie der stationäre (globale) Dampfstrom.

Diese Gleichgewichtszustände lassen sich mittels Gleichungen beschreiben und lösen. Durch Berücksichtigung des zeitabhängigen Einstellvorgangs wird dann die nach einer bestimmten Zeit erwartete Feuchteverteilung berechnet.

Die kapillare Ausbreitung des Kondensats führt zu einer hygrischen Entspannung der Konstruktion. Durch die Berücksichtigung dieses Prozesses ergeben Berechnungen mit dem COND-Verfahren meist geringere Kondensatmengen im Vergleich zum Glaser-Schema. Vor allem bei Innendämmsystemen überschätzt das Glaser-Verfahren die berechnete Kondensatmenge stark, während der COND-Algorithmus eher die tatsächlich auftretenden Kondensatmengen und die Verteilung des Kondensats beschreibt. Dies ist am Beispiel einer innen gedämmten Konstruktion mit einer Kondensatebene in Abbildung 5 dargestellt.

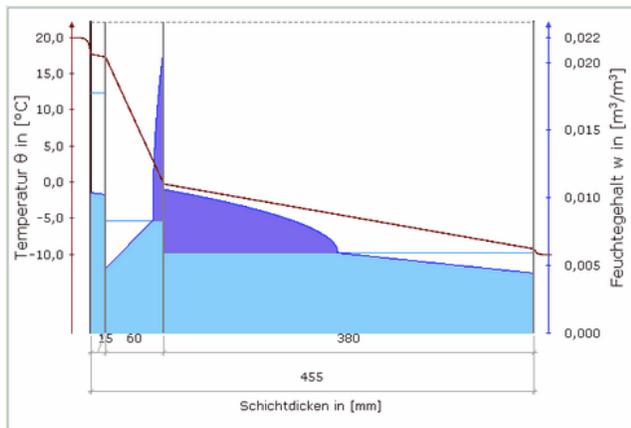


Abbildung 5: Mit dem COND-Verfahren berechnete Feuchteverteilung am Ende der Kondensationsperiode

Obwohl COND analog zum Glaserverfahren auch nur Erwartungswerte für das auftretende Kondensat liefert, ist die Berechnung vor allem bei innen gedämmten Konstruktionen dichter an der Realität und erlaubt damit die positive Nachweisführung auch bei Konstruktionen, die mit dem traditionellen Glaserverfahren als kritisch eingestuft werden.

#### 1.4 Erstellung eines Projektes

An dieser Stelle soll kurz die grundsätzliche Vorgehensweise beschrieben werden, wie ein Projekt erstellt wird:

1. Nach dem Start von COND können Sie auf die Schaltfläche mit dem Symbol  klicken, um den Projekterstellungsdialog zu öffnen.
2. Im nächsten Dialog haben Sie die Möglichkeiten, Angaben zum Projekt zu speichern. Diese können auch automatisch im Ausdruck abgebildet werden. Dieser Dialog muss nicht ausgefüllt werden. Sie können auch einfach unten auf **Weiter** klicken.
3. Es öffnet sich die Materialdatenbank. Bitte wählen Sie hier das erste Material Ihrer Konstruktion aus. Die gewünschten Materialien finden Sie unter Umständen schneller, wenn Sie den Kategorie- oder Materialnamensfilter anwenden. Wenn Sie auf **Beenden** klicken, wird die (noch) einschichtige Wand- bzw. Deckenkonstruktion abgebildet, bei der Sie nun die Dicke der Schicht korrigieren können.
4. Fügen Sie weitere Schichten hinzu, indem Sie auf die entsprechende Schaltfläche klicken. Für neu hinzugefügte Schichten wird erneut der Materialdialog zur Materialauswahl geöffnet. Auf diese Art können Sie beliebig viele weitere Schichten hinzufügen.

5. Wenn Sie auf eine der Materialschichten klicken lassen sich neben der Schichtdicke auch die Materialparameter anpassen.
6. Gegebenenfalls können Sie nun auch noch die Klimabedingungen ändern, in dem Sie zuerst entweder die innenseitige oder die außenseitige Luftschicht auswählen.
7. Entspricht die Konstruktion den Vorgaben, können Sie sich automatisch einen Ausdruck erstellen lassen.

Nach jeder Änderung der Konstruktion werden die Ergebnisse und Darstellungen aktualisiert. Eingaben müssen durch Drücken der Enter-Taste abgeschlossen werden. Alternativ reicht es auch aus, das jeweilige Eingabefeld zu verlassen (z.B. kann man durch Drücken der Tab-Taste von einem Eingabefeld in das Nächste wechseln).

## 1.5 DELPHIN und COND

Im Angebot von Bauklimatik-Dresden sind zwei Programme zur hygrothermischen Bewertung: COND und DELPHIN. Die beiden Bewertungsprogramme COND und DELPHIN werden beide parallel entwickelt und erweitert, wobei die Programme jeweils auf einen bestimmten Anwendungsbereich zugeschnitten sind.

Während COND ein schnelles Beurteilungsprogramm ist, kann DELPHIN als umfassendes Simulationstool für spezielle und bauphysikalisch schwerwiegende Problemfälle eingesetzt werden. Dabei erweitert DELPHIN nicht nur das Materialmodell von COND, sondern erlaubt auch eine Berechnung unter realen Klimabedingungen und -verläufen. Je nach Aufgabengebiet und Problemstellung sollte man abwägen, ob eine Beurteilung mit COND ausreichend ist oder eine vollständige bauphysikalische Simulation mit DELPHIN notwendig wird.

Für nähere Informationen zu beiden Programmen besuchen Sie bitte unsere Webseite "[www.bauklimatik-dresden.de](http://www.bauklimatik-dresden.de)"

## 2 Programmbeschreibung

### 2.1 Das Hauptfenster

#### 2.1.1 Überblick

Während der Benutzung von COND ist das Hauptformular stets sichtbar. Es ist im Wesentlichen eine flexible Eingabemaske, welche eine übersichtliche Eingabe der erforderlichen Daten gestattet. Das Formular steuert weiterhin die Ein- und Ausgabe, die Berechnung und die Projektverwaltung.

Das Hauptmenü des Hauptformulars enthält alle Befehle zur Steuerung des Programmes. Alternativ können für häufig benötigte Aktionen die Schaltflächen auf

der Werkzeugleiste verwendet werden. Bei den meisten Schaltflächen erscheint eine Kurzbeschreibung wenn man mit der Maus wenige Sekunden darauf verweilt.

Das Hauptformular erlaubt die Eingabe in verschiedenen Eingabemasken, die sich dynamisch verändern. Weiterhin ist eine Berechnungszusammenfassung der bereits berechneten Kennwerte im Hauptformular angeordnet.

### 2.1.2 Werkzeugleiste

Die Werkzeugleiste dient der Vereinfachung und Beschleunigung der Programmbedienung und stellt die am häufigsten verwendeten Menübefehle als Schaltflächen zur Verfügung.



Abbildung 6: Werkzeugleiste

In der Reihenfolge von links nach rechts entsprechen einige der Schaltflächen den angegebenen Menübefehlen, dabei wird in der Auflistung unten stets der dazugehörige Menübefehl im COND Hauptmenü angegeben.

Symbol	Menübefehl	Beschreibung
	Datei - Neu	Erstellt ein neues Projekt
	Datei - Öffnen ...	Öffnet eine bestehende Projektdatei
	Datei - Speichern	Speichert die aktuelle Projektdatei
	Datei - Report	Öffnet eine Druckvorschau des Reportes und einen Dialog (siehe 3.2), in dem alle weiteren Druckeinstellungen vorgenommen werden können. Die Vorschau des Reports entspricht wegen der unterschiedlichen Skalierung des Bildschirms nicht der realen Ansicht des Ausdrucks.
	Bearbeiten - Rückgängig	Macht die letzte Änderung rückgängig
	Bearbeiten - Widerrufen	Führt den zuvor zurückgenommenen Arbeitsschritt erneut aus.
	-	Öffnet den Materiallisten-Dialog, in dem nun ein Material ausgewählt und der aktuell markierten Schicht zugewiesen werden kann.
	-	Fügt eine neue Materialschicht links von der aktuell ausgewählten Schicht hinzu.
	-	Fügt eine neue Materialschicht rechts von der aktuell ausgewählten Schicht hinzu.
	-	Entfernt die aktuell markierte Schicht. Dies ist bei einschichtigen Konstruktionen nicht möglich.
	-	Bewegt die markierte Materialschicht um eine Ebene nach links.
	-	Bewegt die markierte Materialschicht um eine Ebene nach rechts.
	Bearbeiten - Materialdatenbank bearbeiten ...	Öffnet die Materialdatenbank um neue Materialien hinzuzufügen oder vorhandenen Materialien zu verändern.
	Ansicht - Zeigt das Feuchteprofil	Wechselt im Ergebnisdiagramm zwischen dem Profil des Wasserdampfdruckgefälles und des Wassergehalts, das Temperaturprofil ist immer sichtbar.

### 2.1.3 Berechnungszusammenfassung

Die Berechnungszusammenfassung stellt die wesentlichen Ergebnisse der COND-Berechnung dar.

Im Rahmen rechts neben dem Konstruktionsmodell werden die bisher berechneten Ergebnisse dargestellt. Dabei werden nur die wesentlichen Informationen angegeben, wie z.B. der Wärmedurchlasswiderstand oder die Wärmedurchgangskoeffizienten (trockener und feuchteabhängiger U-Wert, s. jeweils DIN EN ISO 6946), ob und wieviel Kondensat entsteht und wie lange das nach 90 Tagen angefallene Kondensat unter den angegebenen sommerlichen Bedingungen benötigt, um wieder auszutrocknen. In Abhängigkeit von der Durchfeuchtung der Konstruktion müssen verschiedene Berechnungsalgorithmen verwendet werden. Bei bestimmten Randbedingungen kann unter Umständen gar keine Berechnung durchgeführt werden, z.B. wenn Oberflächenkondensat entsteht (siehe Berechnungen mit Oberflächenkondensat).

Die Information über den verwendeten Algorithmus befindet sich in der Mitte des Rahmens und kann folgende Einträge enthalten:

**Keine Berechnung durchgeführt** Es fehlen noch Eingabewerte, z.B. Materialparameter einer Schicht müssen noch eingegeben werden oder eine Schicht enthält ungültige Kennwerte. Das Eingabe-Check-Formular gibt genaue Auskunft über die fehlenden Parameter. Es wird sichtbar, wenn das COND-Diagramm oder die COND-Tabelle aufgerufen wird.

**Es entsteht Oberflächenkondensat (links)!** Der Temperaturabfall an der Bauteiloberfläche (infolge des Übergangswiderstandes) ist so groß, dass die Taupunkttemperatur unterschritten wird. Es kommt zur Oberflächenkondensation an der linken Seite der Konstruktion. Für diesen Fall kann die Berechnung nur nach Zuweisung einer Luftschicht durchgeführt werden (siehe Berechnungen mit Oberflächenkondensat).

**Es entsteht Oberflächenkondensat (rechts)!** Wie oben, nur dass diesmal das Oberflächenkondensat auf der rechten Seite entsteht.

**Es existiert noch kein Algorithmus für dieses Problem!** Aufgrund der vielfältigen Kombinationen, die bei der Durchfeuchtung der Schichten auftreten können, kann mitunter eine Kombination von teilweise bzw. vollständig überhygroskopisch durchfeuchteten Schichten (noch) nicht berechnet werden. Das Pop-up-Fenster erscheint nur beim ersten Auftreten dieses Problems.

*Hinweis:* Es kann häufig hilfreich sein, beispielsweise die Klimabedingungen oder den  $\mu$ -Wert eines diffusionsdichten Materials (z. Bsp. PE-Folie) zu variieren bis eine Berechnung erfolgt. So lässt sich häufig doch noch eine Aussage treffen.

**Es entsteht kein Kondensat** In der gesamten Konstruktion ist der Sättigungsdampfdruck stets höher als der Partialdruck; es kommt gar nicht zur Kondensation (entspricht Fall a bei Glaser).

**Es entsteht Kondensat zwischen Schicht  $n$  und  $m$**  Das Kondensat entsteht an einer Ebene und breitet sich in beide Richtungen durch kapillare Leitung aus (entspricht Fall b bei Glaser).

**Es entsteht Kondensat im Bereich zwischen den Schichten  $n$  und  $m$**  Es entsteht Kondensat in mehreren nebeneinander liegenden Schichten, wobei mindestens eine Schicht vollständig überhygroskopisch durchfeuchtet ist (entspricht Fall c bei Glaser).

**Es entsteht Kondensat im Bereich zwischen den Schichten  $n - m$ ,  $p - k \dots$**  Es entsteht Kondensat in zwei getrennten Bereichen, die sich nicht berühren. Die einzelnen Kondensatbereiche können wiederum aus mehreren nebeneinander liegenden Schichten bestehen (entspricht Fall d bei Glaser).

Für die letzten drei Fälle werden zusätzlich zu den Konstruktionskennwerten noch die folgenden Ergebnisse angezeigt:

**Kondensatmenge (T = ...d)** In den Klammern wird die Dauer der Kondensationsperiode (Winter) angegeben, der Ergebniswert ist die Tauwassermasse innerhalb dieses Zeitraumes.

**Kondensatmenge (stationär)** Die Kondensatmenge, die sich nach unendlich langer Einwirkungszeit der Klimate einstellen würde. Wenn die Einstellzeit (s. nächster Absatz) größer als die Dauer der Kondensationsperiode ist, übersteigt die stationäre Kondensatmenge die, eigentlich gefragte, Kondensatmenge (T= ...d).

**Einstellzeit** Die angezeigte Einstellzeit ist die Zeitdauer, bei der 95% der stationären Kondensatmenge in der Konstruktion erreicht sind. Deshalb kann es vorkommen, dass die Zeitdauer der Kondensationsperiode zwar über der Einstellzeit liegt, die Kondensatmenge (T= ...d) jedoch noch nicht die stationäre Kondensatmenge erreicht hat.

Bei diffusionsdichten Konstruktionen kann die Einstellzeit mitunter mehrere Jahre betragen.

**Trocknungszeit** Die Zeit, die während der Trocknungsperiode (Sommer) für das vollständige Austrocknen der berechneten Kondensatmenge benötigt wird. Es wird auch die kapillare Entspannung (durch Flüssigwassertransport) berücksichtigt, d.h. diese Trocknungszeiten sind kürzer als die mit dem Glaser-Verfahren berechneten.

#### 2.1.4 Hauptmenü

**Beschreibung** Die Menüleiste des Hauptformulars enthält in erster Linie Befehle zur Veränderung von Programmeinstellungen. Die Schaltflächen in der Werkzeugleiste dienen dagegen der Bearbeitung der Konstruktion sowie zur Änderung der Materialdatenbank.

Das Hauptmenü ist in vier Hauptmenüpunkte gegliedert: **Datei**, **Bearbeiten**, **Ansicht** und **Hilfe**.

1. Im Menü "Datei-Menü" befinden sich alle Befehle für die Projektverwaltung, Druckersteuerung und Druckvorschau für den Ergebnisausdruck.
2. Das Menü "Bearbeiten-Menü" stellt Befehle für die Modifizierung von Projektinformationen, zur Änderung der Materialliste sowie weitere Einstellungen zur Verfügung.
3. Im Menü "Ansichten-Menü" können die Werkzeugleisten ein- und ausgeblendet werden.
4. Schließlich sind im Menü "Hilfe-Menü" die Befehle für den Aufruf der Hilfe (also dieses Benutzerhandbuchs) enthalten, ein Link zur Entwicklerseite sowie Informationen zur Programmversion.

**Datei-Menü** Das Dateimenü enthält die wesentlichen Befehle zur Programmsteuerung.

Mittels der Befehle **Neu**, **Öffnen...**, **Speichern**, **Speichern unter...** und **Schließen** wird ein Projekt verwaltet. Der Menüpunkt **Zuletzt geöffnete Projekte** zeigt ein Untermenü mit den zuletzt bearbeiteten Projekten an.

Der Menüpunkt **Report Einstellungen/Druckvorschau** ruft die Druckvorschau des Ergebnisreportes auf (siehe 3.2.7).

Über dem Menüpunkt **Drucken...** wird ein Dialog zum Einrichten des Druckers aufgerufen.

Benutzerspezifische Programmeinstellungen können im Einstellungsdialog (siehe 2.3) durchgeführt werden. Dieser wird durch den Menübefehl **Einstellungen...** angezeigt.

Unter dem Punkt **Programmsprache** kann die Anzeigesprache geändert werden. Derzeit sind dort nur Deutsch und Englisch verfügbar.

**Beenden** bewirkt das Beenden des Programmes. Nach einer Abfrage, ob das aktuelle Projekt gespeichert werden soll, wird es geschlossen. Änderungen in der persönlichen Materialliste werden, nach einer Bestätigung des Benutzers, ebenfalls gespeichert.

**Bearbeiten-Menü** In diesem Menü sind die allgemeinen Befehle zum Bearbeiten der Konstruktion enthalten.

**Rückgängig** macht die letzte Änderung der Eingabedaten rückgängig; **Widerrufen** bewirkt entsprechend die erneute Ausführung der zurückgenommenen Änderung.

*Hinweis:* Die Verwendung der **Rückgängig/Widerrufen**-Funktionen erlaubt einen einfachen Vergleich zwischen Berechnungsergebnissen bei der Variation eines Parameters oder einer Materialzuordnung.

Im Untermenü **Projektinformationen bearbeiten** lassen sich z.B. Projektname, Konstruktionsbezeichnung oder der Name des Unternehmens ändern. Diese Angaben können im Ausdruck ausgegeben werden (siehe auch 2.3).

Mit **Kopieren** kann die Konstruktionskizze oder die Ergebnisgrafik zur weiteren Verwendung in die Zwischenablage kopiert werden. Mit **Exportieren** werden diese als Grafik gespeichert.

Der Menübefehl **Bearbeite Materialliste...** öffnet den Dialog für die Materialdatenbank, in dem die persönlichen Materialdaten der Datenbank hinzugefügt, bearbeitet oder gelöscht werden können.

Der Menüpunkt **Zufügen zu Konstruktionsdatenbank** fügt die bestehende Konstruktion in die Datenbank ein. Hierzu muss im folgenden Dialog (Abbildung 7) ein Name angegeben werden.

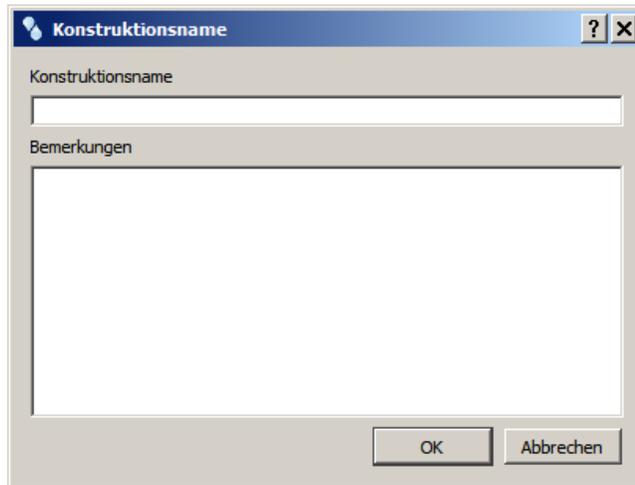


Abbildung 7: Dialog zum Einfügen in die Konstruktionsdatenbank

**Ansichten-Menü** In diesem Menüpunkt können die beiden Werkzeugleisten ein- und ausgeblendet werden sowie die Art des Diagramms geändert werden.

**Hilfe-Menü** Im Hilfe-Menü kann das Benutzerhandbuch angezeigt werden. Dieses ist als Datei im pdf-Format beigelegt. Zur Anzeige ist ein Anzeigeprogramm wie z. Bsp. der **Adobe Acrobat Viewer** erforderlich.

Über **COND** öffnet den Info-Dialog zu **COND**.

Über **Qt** informiert über die verwendete Entwicklungsbibliothek.

### 2.1.5 Eingabemasken

**Beschreibung** In den Dialogfeldern des Hauptformulars können alle relevanten Daten für die Berechnung einer Konstruktion eingegeben bzw. verändert werden.

Das Konstruktionsmodell stellt die Konstruktion maßstäblich dar. Es besteht aus den farbig gekennzeichneten Schichten der Konstruktion sowie den weißen begrenzenden Schichten, welche die Klimarandbedingungen repräsentieren.

Die Eingabedaten einer Schicht bzw. die Klimadaten sind rechts neben dem Konstruktionsmodell angeordnet. Die Eingabemasken in diesem Bereich werden dynamisch verändert. Wird eine Schicht ausgewählt, so wird entweder die Schichteingabemaske oder bei Auswahl einer Klimarandbedingung die Klimaeingabemaske angezeigt.

**Konstruktionsmodell** Das Konstruktionsmodell illustriert den Aufbau der Konstruktion. Die, vom Anwender veränderbaren Farbinformationen werden zugleich auch beim Ausdruck verwendet. Die beiden weißen Schichten am Rand repräsentieren jeweils die linke und rechte Klimarandbedingung (bzw. die obere und untere Klimarandbedingung, falls ein vertikal geschichteter Konstruktionsaufbau beurteilt werden soll). Diese Schichten tragen zusätzlich eine rote bzw. blaue Markierung welche die schnelle Wiedererkennung vereinfachen soll. Der Algorithmus von **COND** erfordert, dass links immer die warme Seite und rechts immer die kalte Seite ist. Normalerweise bedeutet warm auch innen und kalt außen. Eine möglich Ausnahme wäre z. Bsp. ein Kühlhaus wo es innen kälter als außen ist.



Abbildung 8: Konstruktionsdarstellung

Falls die Konstruktion eine oder mehrere Luftschichten enthält, werden über der Konstruktionsdarstellung zusätzlich drei Schaltflächen zur Wahl der Wärmestromrichtung angezeigt (9). Mit diesen Schaltflächen kann die Lage der Konstruktion und somit die Richtung des Wärmestromes eingestellt werden. Dies hat Auswirkungen auf die Wärmeleitfähigkeit der Luftschicht (Berechnung nach DIN EN ISO 6946).

- abwärts - Die Konstruktion ist horizontal (Dach oder Fußboden) und die Warmseite (links) ist oben. Somit ist der Wärmestrom abwärts gerichtet.  
Symbol: 
- horizontal - Die Konstruktion ist vertikal (Wand) und der Wärmestrom somit horizontal. Die Warmseite (normalerweise innen) ist hier immer links.  
Symbol: 
- aufwärts - Die Konstruktion ist horizontal (Dach oder Fußboden) und die Warmseite (links) ist unten. Somit ist der Wärmestrom aufwärts gerichtet.  
Symbol: 

Die Randbedingungen werden dabei nicht angepasst.



Abbildung 9: Konstruktionsdarstellung mit Richtungseinstellung

Die Auswahl einer Schicht mit der linken Maustaste (oder alternativ mit den Cursortasten) bewirkt die Aktualisierung der Eingabemasken. Dabei wird abhängig davon, ob eine Klimabedingung oder eine Konstruktionsschicht gewählt wird, die Schichteingabemaske oder Klimaeingabemaske angezeigt.

Wird eine Konstruktionsschicht ausgewählt, so kann das Konstruktionsmodell mit den Schaltflächen der Werkzeugleiste modifiziert werden.

*Hinweis:* Die Namen der Schichten werden nur angezeigt, wenn genügend Platz dafür zur Verfügung steht. Vergrößern des COND-Hauptfensters kann hier helfen.

**Schichteingabemaske** Diese Eingabemaske wird immer dann angezeigt, wenn eine Materialschicht ausgewählt wurde.

**Schichteigenschaften**

Schichtdicke/höhe[mm]:  Farbe:

**Materialeigenschaften**

Name:

Wärmeleitfähigkeit [W/m <sup>2</sup> K]:	<input type="text" value="0,59"/>
Dampfdiffusionswiderstandsfaktor [-]:	<input type="text" value="11"/>
Feuchtegehalt bei 80% Luftfeuchte [kg/m <sup>3</sup> ]:	<input type="text" value="0,0532"/>
Sättigungsfeuchte [kg/m <sup>3</sup> ]:	<input type="text" value="0,49"/>
Wasserabsorptionskoeffizient[kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> ]:	<input type="text" value="4,8"/>

Abbildung 10: Eingabemaske für Materialschichten

Die in dieser Eingabemaske angezeigten Daten definieren eine Konstruktionschicht. Beim Zuweisen eines Materials aus der Datenbank werden die Materialdaten in die Eingabemaske kopiert. In der Materialdatenbank (siehe Materialdefinitionen) kann auch ein neues Material generiert und sofort zugewiesen werden.

*Hinweis:* Die Materialparameter in der Eingabemaske sind nur Kopien von Materialdaten in der Datenbank. Die Materialdatenbank bleibt daher von Änderungen in der Eingabemaske unberührt.

In dieser Eingabemaske können ALLE Parameter, auch der Name und die Farbe, mit **sinnvollen** Angaben beliebig verändert werden. Lediglich bei Luftschichten sind die Wärmeleitfähigkeit und der Dampfdiffusionswiderstandsfaktor nicht änderbar, da beide Werte aus Schichtdicke und Wärmestromrichtung intern berechnet werden.

Die **Einheit des Aw-Wertes** lässt sich im Dialog **Bearbeiten** → **Einstellungen** → **Allgemeine Einstellungen** zwischen den Einheiten  $kg/m^2 s^{0,5}$  und  $kg/m^2 h^{0,5}$  (Umrechnungsfaktor: 60) umschalten. Diese Einstellung wird in allen anderen Bereichen des Programmes (z.B. Materialliste, Ausdruck) ebenfalls verwendet.

**Klimaeingabemaske** Die Eingabemaske der entsprechenden Klimarandbedingungen öffnet sich, wenn auf einen der weißen Bereiche neben der Konstruktion geklickt wird:

**Berechnungsklima**

Klimavorgabe auswählen:

DIN 4103-3 Außen, Außenoberfläche grenzt an Außenluft

Winter:

Temperatur in [°C]: -10

Relative Luftfeuchte in [%]: 80

Sommer:

Temperatur in [°C]: 12

Relative Luftfeuchte in [%]: 70

Übergangswiderstand in [m<sup>2</sup>K/W]: 0,04

Abbildung 11: Eingabemaske für Klimadaten und Randbedingungen

Mit Hilfe einer Auswahlbox lassen sich vorgefertigte Klimate zusammen mit dem thermischen Übergangswiderstand aus der entsprechenden Richtlinie auswählen. Der Datensatz enthält die Temperaturen und relative Luftfeuchten für den Innen- und Außenbereich in der Kondensations- und Trocknungsperiode sowie die thermischen Übergangswiderstände.

Im Bereich unter der Auswahlbox wird das Winterklima angezeigt, gefolgt von den Angaben zum Sommerklima.

Die letzte Eingabemöglichkeit betrifft den thermischen Übergangswiderstand an der Oberfläche.

Bei der Erstellung eines neuen Projektes werden die Klimadaten entsprechend der voreingestellten Klimadaten erzeugt. Es wird im Programm davon ausgegangen, dass sich auf der linken Seite der Innenraum befindet, während rechts das Außenklima anliegt.

*Hinweis:* Bei neuen COND-Projekten entsprechen die Klima-Voreinstellungen denen der DIN 4108-3. Falls das Klima verändert wird, können die in der DIN angegebenen Grenzwerte unter Umständen nicht mehr zur Nachweisführung herangezogen werden.

## 2.2 Das COND-Diagramm

Im COND-Diagramm werden das Temperaturprofil und entweder das Wasserdampfdruckprofil oder die Feuchteverteilung dargestellt.

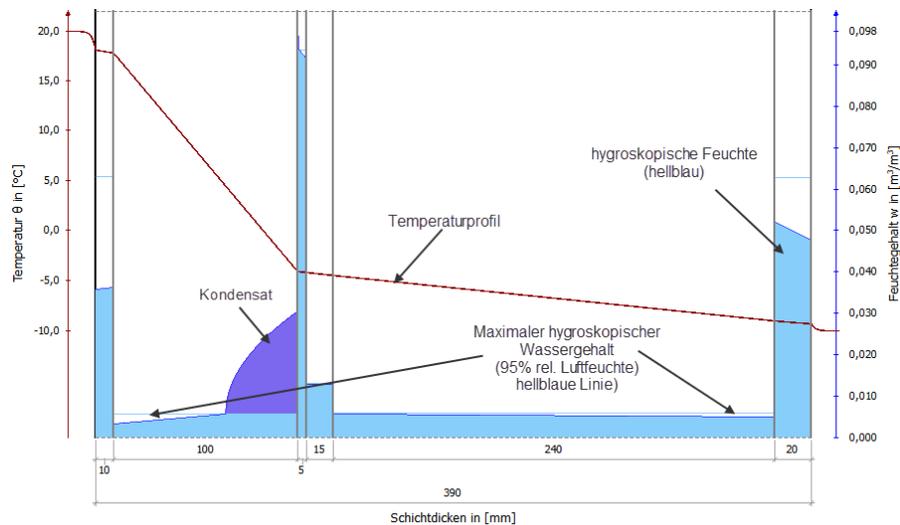


Abbildung 12: COND Diagramm mit Feuchtefeld

Das Diagramm-Fenster kann zur übersichtlicheren Darstellung beliebig vergrößert werden. Das Temperaturprofil (in rot) bezieht sich immer auf die linke Achse. Das Wassergehaltsprofil (obere Begrenzungslinie aller blauer Flächen) und die hier nicht dargestellte Wasserdampfdruckkurve beziehen sich auf die rechte Achse.

In der Ansicht der Feuchteverteilung sind hygroskopisch gespeicherte Feuchte bzw. Kondensat in unterschiedlichen Farben dargestellt: hygroskopische Feuchte ist hellblau gekennzeichnet, überhygroskopische Feuchte bzw. Kondensat ist dunkelblau. Der maximale hygroskopische Feuchtegehalt eines Materials entspricht in COND der Ausgleichsfeuchte zu 95% relativer Luftfeuchte. Die dünnen blauen horizontalen Linien geben jeweils den maximalen hygroskopischen Gehalt an.

Die relative Luftfeuchte steigt bzw. fällt stetig in einem Konstruktionsaufbau, auch über Materialgrenzen hinweg. Im Gegensatz dazu springt der Wassergehalt meistens an den Materialgrenzen, da Baumaterialien unterschiedliche Feuchtespeichereigenschaften aufweisen.

Wenn im Hauptmenü mittels Werkzeugleiste der Diagrammtyp geändert wird, stellt sich das Diagramm wie in 13 gezeigt dar. Hier wird statt dem Feuchtefeld der Dampfdruck und der Sättigungsdampfdruck angezeigt. Beim Dampfdruckprofil wird noch zwischen berechnetem und realem Profil unterschieden. Natürlich sind beide Profile berechnet. Beim ersteren fehlt lediglich die Anpassung an den Sättigungsdampfdruck bei Überschreitung.

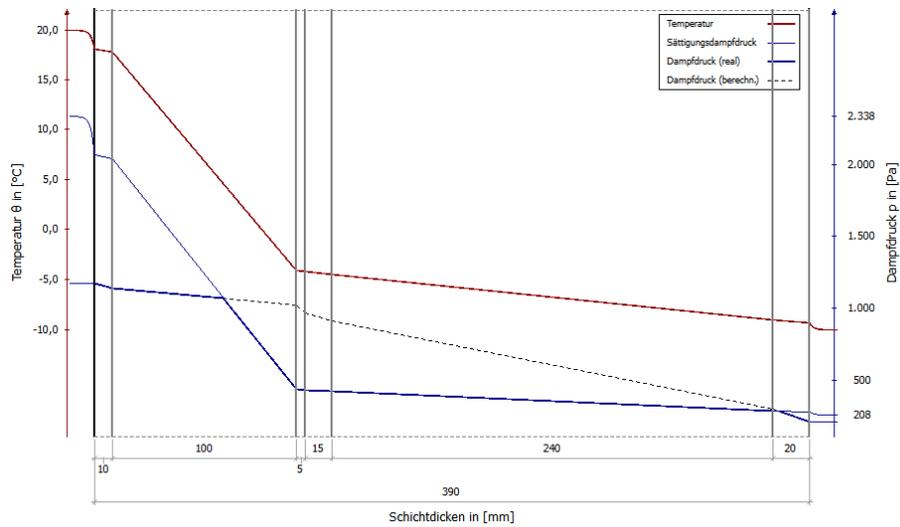


Abbildung 13: COND Diagram mit Dampfdrücken

## 2.3 Einstellungen

Die Dialoge zu generellen Projekt und Programmeinstellungen können über das Menü **Bearbeiten** → **Einstellungen** erreicht werden. Neben allgemeinen Festlegungen und dem Aussehen des Ausdrucks (Druckeinstellungen) können auch die Projektinformationen angepasst werden.

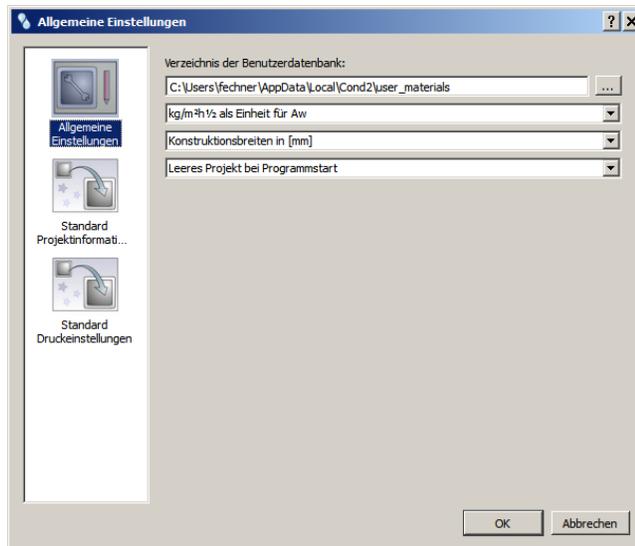


Abbildung 14: Dialog für allgemeine Einstellungen

**Allgemeine Einstellungen** Mit der ersten Option lässt sich der Speicherort für die persönliche Materialdatenbank festlegen. Die Schaltfläche  öffnet zur Unterstützung ein Dateimanagementprogramm. Die Materialien der persönlichen Materialdatenbank werden der COND-Datenbank automatisch hinzugefügt und sind jeweils grün gekennzeichnet.

*Hinweis:* Bei den Windows-Betriebssystemen Vista, 7 und 8 muss der Nutzer über Lese- und Schreibzugriff für den Ordner verfügen, in dem die Materialliste gespeichert ist.

Mit der zweiten Auswahlbox lässt sich die Einheit des Aw-Wertes zwischen  $kg/m^2s^{0,5}$  und  $kg/m^2h^{0,5}$  (Umrechnungsfaktor: 60) umschalten. Diese Einstellung wird in allen anderen Bereichen des Programmes (z.B. Materialliste, Ausdruck, Hauptfenster) ebenfalls verwendet.

In der dritten Auswahlbox kann die Einheit für die Schichtdicken ausgewählt werden: mm, cm, dm und m.

Die letzte Auswahl der allgemeinen Einstellungen legt fest, ob nach dem Aufrufen von COND das zuletzt geladene Projekt aufgerufen werden soll oder ob COND ohne Projekt beginnen soll.

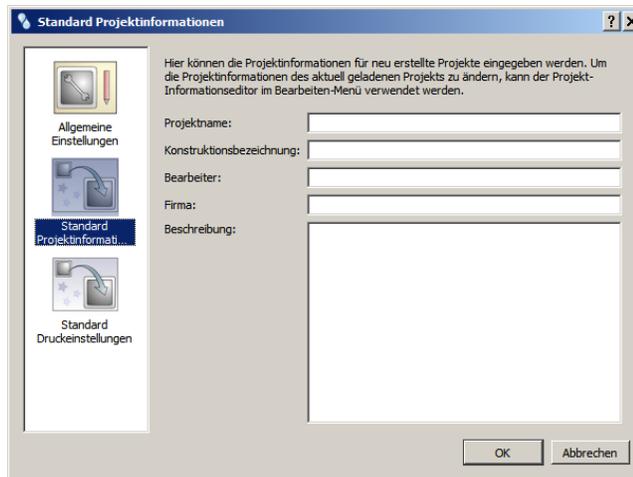


Abbildung 15: Dialog für Standard Projektinformationen

**Standard-Projekteinstellungen** Hier können Angaben zum Namen des Projektes, der untersuchten Konstruktion, dem Bearbeiter und der Firma als Standardvorgaben gemacht werden. Die gespeicherten Einstellungen werden bei neuen Projekten automatisch übernommen. Die Bemerkungen erscheinen am Schluß des Ausdrucks.

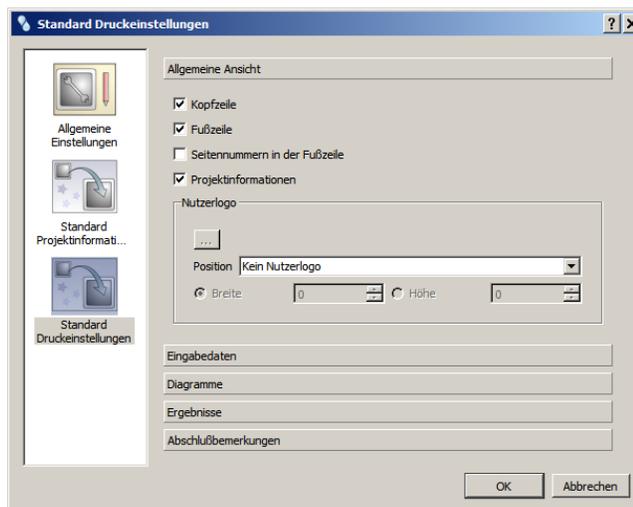


Abbildung 16: Dialog für Standard Druckeinstellungen

**Standard-Druckeinstellungen** Der letzte Dialog gibt Vorgaben für die Standard-Druckeinstellungen die beim Erstaufruf eines Reports verwendet werden. Näheres dazu bei Druckeinstellungen.

## 2.4 Benutzerdefinierte Einstellungen

COND ist für ein Mehrbenutzer-System geschrieben worden. Jeder Benutzer von COND kann seine Einstellungen (globale Optionen, Druckauswahl, kürzlich geöffnete Dateien...) separat speichern. Daher ist COND auch für eine Netzwerkinstallation gut geeignet.

Jedem am System angemeldeten Benutzer werden bei dem ersten Starten des Programmes die Standardeinstellungen zugewiesen, die im Allgemeine Einstellungen und Druckeinstellungen bei Bedarf anpasst werden können. Die Einstellungen werden jeweils bei Programmende in der lokalen Windows-Registry gespeichert und automatisch beim nächsten Start des Programmes wiederhergestellt.

Bei einer Netzwerkinstallation wird so gewährleistet, dass der Benutzer auf einem entfernten Rechner dennoch die eigenen Einstellungen behalten kann, ohne notwendigerweise Schreibrechte für die eigentlichen Programmdateien zu erhalten.

*Hinweis:* Bei einer Netzwerkinstallation muss das COND-Programm lediglich auf einem entfernten Rechner installiert werden. Die Startmenü-Einträge können dann lokal auf einen Client-Rechner kopiert werden. Jeder Benutzer kann einen beliebigen Pfad für seine persönliche Materialliste angeben.

## 3 Drucken der Ergebnisse

### 3.1 Drucker einrichten

Der Windows Drucker-Einrichten-Dialog kann vom Hauptmenü mit **Datei** → **Drucken...** gestartet werden. In diesem Dialog können der Drucker und die gewünschten Einstellungen ausgewählt werden. Die Einstellungen für den ausgewählten Drucker werden dann für die Druckvoransicht verwendet. Die Ansicht dieses Dialoges ist vom verwendeten Betriebssystem abhängig.

### 3.2 Druckeinstellungen

Im Druckeinstellungsdialog, erreichbar über **Bearbeiten** → **Einstellungen** → **Druckeinstellungen** oder **Datei** → **Report Einstellungen/ Druckvoranschau**, können der Inhalt und das Aussehen des Reports sowie die Einstellungen des Druckers den eigenen Wünschen angepasst werden.

Der Einstellungsdialog ist in fünf Abschnitte untergliedert.

### 3.2.1 Allgemeine Einstellungen

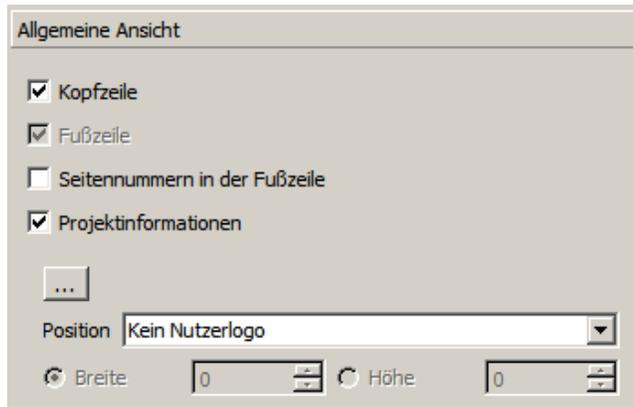


Abbildung 17: Druckeinstellungen - Allgemeine Einstellungen

**Kopfzeile** Die Kopfzeile enthält die Programmversion und das Datum des Ausdrucks.

**Fußzeile** Die Fußzeile enthält Seitennummern und optional den vollständigen Pfad zur Projektdatei.

**Seitennummern in der Fußzeile** Die Seitenzahlen werden in der Fußzeile gedruckt.

**Projektinformationen** Die Projektinformationen aus den Projekteinstellungen (siehe 2.1.4) werden in der Überschrift des Reports angegeben.

**Firmenlogo** Das Firmenlogo wird auf der ersten Seite des Ausdrucks abgebildet. Die Schaltfläche  öffnet das Dateimanagementprogramm. Nach Auswahl des Logos erscheint der Pfad rechts neben der Schaltfläche. In der darunter liegenden Auswahlliste kann die Position gewählt werden:

- Kein Nutzerlogo - es wird kein Logo angezeigt, auch wenn eine Datei gewählt ist
- Nutzerlogo in Kopfzeile - das Logo wird in der Kopfzeile rechts oben auf jeder Seite dargestellt
- Nutzerlogo rechts neben den Projektinformationen - das Logo wird auf der ersten Seite oben rechts neben den Projektinformationen dargestellt

Wenn ein Logo gewählt ist und dargestellt wird kann in den, unter der Auswahl-  
liste, sichtbaren Eingabefeldern die Breite oder die Höhe des Logos geändert  
werden. Das Seitenverhältnis bleibt dabei immer gewahrt.

### 3.2.2 Eingabedaten

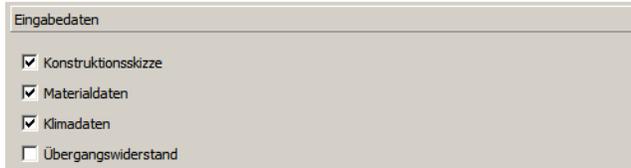


Abbildung 18: Druckeinstellungen - Eingabedaten

**Konstruktionsskizze** Eine maßstäblich skalierte Konstruktionsskizze wird  
abgebildet.

**Materialdaten** Eine Tabelle mit den Eingabedaten (Dicke und Materialpa-  
rameter) für jede Schicht wird dargestellt.

**Klimadaten** Eine tabellarische Übersicht der Klimadaten wird abgebildet.

**Übergangswiderstand** Die thermischen Übergangswiderstände ergänzen die  
Klimadaten.

### 3.2.3 Diagramme

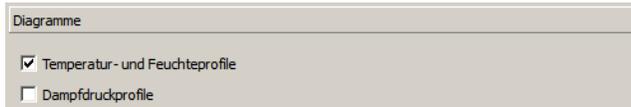


Abbildung 19: Druckeinstellungen - Diagramme

**Temperatur- und Feuchteprofile** Druckt ein Diagramm mit den genannten  
Profilen.

**Dampfdruckprofile** Druckt ein Diagramm mit Temperaturprofil und den  
Wasserdampfdruckprofilen.

### 3.2.4 Ergebnisse

Ergebnisse

DIN 4108-3 (Glaser) - Zusammenfassung

COND-Ergebnisse - Zusammenfassung

COND-Ergebnisse - Ausführliche Tabelle

Widerstände und  $\mu$ -Werte

Frsi Kontrolle mit Übergangswiderstand innen von 0,25 m<sup>2</sup>K/W

Art des Bauteils für den Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes nach deutscher Norm DIN 4108-2 Tabelle 3

DIN 4108-2 von 2013 Tab. 3

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen o.

Abbildung 20: Druckeinstellungen - Ergebnisse

**DIN 4108-3 (Glaser) - Zusammenfassung** Bildet eine Zusammenfassung der Ergebnisse nach dem Glaserverfahren der DIN 4108-3 ab.

**COND-Ergebnisse - Zusammenfassung** Eine Zusammenfassung mit den wichtigsten Berechnungsergebnissen von COND wird ausgedruckt.

**COND-Ergebnisse - Detaillierte Tabelle** Die Berechnungsergebnisse werden sehr detailliert in Form einer Tabelle wiedergegeben (siehe COND Ergebnistabelle).

**Widerstände und  $\mu$ -Werte** Die hygrothermischen Widerstände der einzelnen Schichten und der Gesamtkonstruktion werden ausgedruckt.

**Frsi Kontrolle** Ein  $f_{Rsi}$  Wert zur Kontrolle des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 wird berechnet und ausgegeben. Hierbei werden die aktuellen Klimabedingungen verwendet. Der Übergangswiderstand innen wird mit  $0,25\text{m}^2\text{K/W}$  angesetzt. Wenn das Innenklima von der Normwerten abweicht, wird auch ein zulässiger  $f_{Rsi}$  Wert berechnet und verglichen.

**Art der Konstruktion** Zur Kontrolle des Mindestwärmeleitwiderstandes werden hier die Art der Konstruktion und die verwendete Norm ausgewählt. Es besteht die Möglichkeit nach der alten DIN 4108-2 von 2004 sowie nach der aktuellen Norm von 2013 zu rechnen. Die Kategorien in der darunter liegenden

Auswahlbox werden entsprechend angepasst. Im Report wird dann ein Vergleich durchgeführt und auf Zulässigkeit geprüft.

### 3.2.5 Zusammenfassung

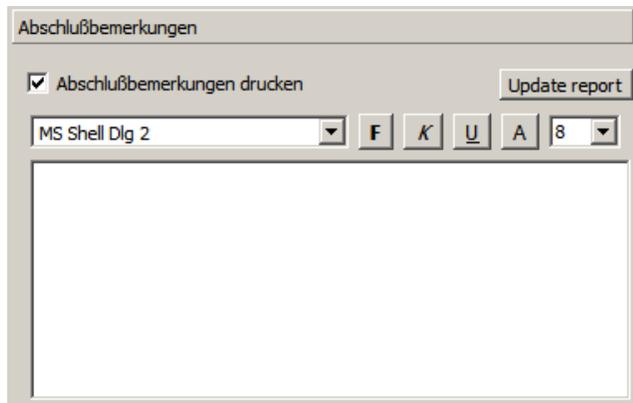


Abbildung 21: Druckeinstellungen - Zusammenfassung

Hier ist eine Eingabe eines formatierten Textes für eine Zusammenfassung möglich. Dieser Text wird dann an das Ende des Reportes angefügt wenn die Checkbox "Abschlussbemerkungen drucken" gewählt ist. Die vorhandenen Schaltflächen dienen zur Schriftformatierung.

Die Schaltfläche **Update report** aktualisiert die Darstellung in der Druckvorschau.

### 3.2.6 Drucker-Einstellungen



Abbildung 22: Druckeinstellungen - Ansicht

An der Unterseite des Fensters sind einige Schaltflächen die Folgendes ermöglichen:

- Drucken des Reports
- Änderung der Seiteneinstellungen (Ränder, Format)
- Zoomen (größer, kleiner, einpassen)
- Export des Reports in eine Grafikdatei (jpeg, png, svg)

### 3.2.7 Druckvoransicht

Abbildung 23 zeigt die vollständige Druckvoransicht. Links sind die beschriebenen Einstellungsdialoge und rechts die eigentliche Druckvoransicht. Hiermit kann auch eine schnelle Überprüfung bezüglich der Gültigkeit der Konstruktion nach Norm (DIN 4108-2 und 4108-3) vorgenommen werden.

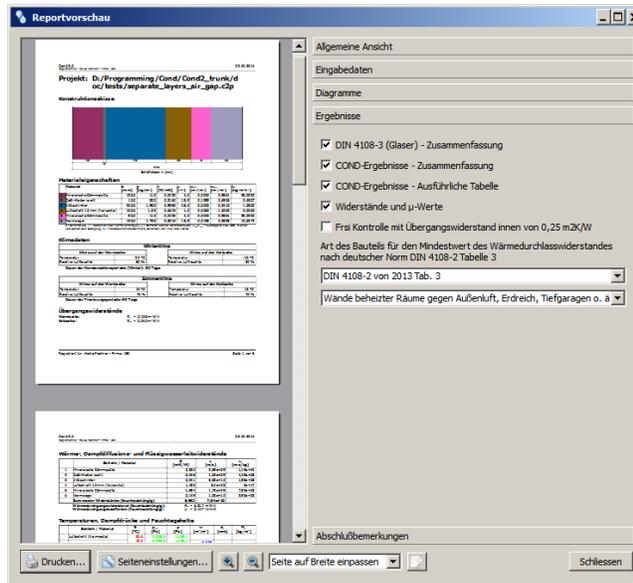


Abbildung 23: Druckvoransicht

### 3.3 COND Ergebnistabelle

Die berechneten Zahlenwerte werden in der COND-Tabelle angezeigt.

#### Temperaturen, Dampfdrücke und Feuchtegehalte

Schicht / Material	$\theta$ [°C]	$p_{\text{sat}}$ [Pa]	$p$ [Pa]	$w$ [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	$d_c$ [mm]	$M_c$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Luftschicht (Warmseite)	20,0	2.338,2	1.169,1			
1 Calciumsilikatplatte	17,3	1.969,9	1.169,1	0,003		
				<b>0,025</b>	15,6	0,2
2 Fachwerkmörtel	1,7	<b>689,7</b>	<b>689,7</b>	0,030	65,0	0,3
				0,030		
3 Altbauziegel	-6,0	<b>369,4</b>	<b>369,4</b>	<b>0,013</b>	81,8	0,4
Luftschicht (Kaltseite)	-9,1	280,9	207,9	0,004		
	-10,0	259,9	207,9			

$\theta$  - Temperatur,  $p_{\text{sat}}$  - Sättigungsdampfdruck,  $p$  - Dampfdruck,  $w$  - Feuchtegehalt,  $d_c$  - Breite der durchfeuchteten Schicht,  $M_c$  - Kondensatmasse

Abbildung 24: Ausführliche COND Ergebnistabelle

Die Tabelle enthält die berechneten Zahlenwerte für die einzelnen Schichten bzw. Schichtgrenzen. Aufgeführt werden die Temperaturen (rot) und Dampf-

drücke (grün) an den Schichtgrenzen sowie Angaben zum Wassergehalt und zur Feuchteverteilung (je blau).

Da Temperatur und Dampfdruck an den Schichtgrenzen stetig verlaufen, gelten diese Werte jeweils für beide angrenzenden Schichten. Im Gegensatz dazu gibt es Sprünge im baustoffabhängigen Feuchtegehalt.

Falls eine Schicht überhygroskopisch durchfeuchtet wurde, werden die Werte fett dargestellt. Zusätzlich wird die Breite des Kondensationsbereiches in dieser Schicht angegeben. In der letzten Spalte werden die Kondensatmassen der einzelnen Schichten (sofern vorhanden) eingetragen. Angegeben wird stets die am Ende der Kondensationsperiode erreichte Feuchteverteilung.

## 4 Materialliste

### 4.1 Überblick

Im Programm COND ist es möglich, eigene Materialien zusätzlich zu den fest im Programm vorgegebenen Materialien zu definieren. Hierfür muss zunächst die Materialliste mit  geöffnet und dort anschließend der Materialdefinitionen mit  aufgerufen werden. Nachdem alle erforderlichen Angaben erfolgt sind - Materialname, Kategorie und die Materialparameter (siehe 4.2.4) sind hier notwendig - wird das Material der Datenbank hinzugefügt.

Weiterhin ist es möglich Konstruktionen, bestehend aus einer oder mehreren Materialschichten, zu definieren und diese in einer Konstruktionsdatenbank abzulegen.

Die persönliche Materialliste und die Konstruktionsliste werden automatisch beim Programmstart geladen und in COND integriert. Das Verzeichnis, in dem sich die persönliche Materialliste befindet, kann im Standard-Projekteinstellungen geändert werden.

### 4.2 Material- und Konstruktionsdatenbank

25 zeigt das Hauptfenster der Material- und Konstruktionsdatenbank. Man kann zwischen beiden Datenbanken mittels der Reiter oben umschalten. Dieses Fenster wird bei der Materialliste und beim Projektassistenten verwendet.

Id	Name	Kategorie	Produktname	Hersteller	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
112	Anbindung Fachwerkwärmedämmlehm	Putze, Mörtel und Ausf...		HAACKE Energie...	710
20	Anhydrit-Fließestrich	Putze, Mörtel und Ausf...	FE 50 Largo	Knauf Gips KG	2.060
230	Antschimmelputz	Putze, Mörtel und Ausf...	ASIT	Remmers Bausto...	465
518	Bayosan TTK Mineralischer Kleber	Putze, Mörtel und Ausf...	TTK	Baumit GmbH (Ba...	1.164
406	Calciumsilikat Kleber leicht	Putze, Mörtel und Ausf...		CALSTHERM Silik...	820
407	Calstherm KP-Kleber	Putze, Mörtel und Ausf...		CALSTHERM Silik...	1.473
43	Calstherm KP-Kleber	Putze, Mörtel und Ausf...		SCHOMBURG Gm...	1.470
123	CaSi-Kleber leicht	Putze, Mörtel und Ausf...	CAKLe_ordinal Sc...	Schommer Syste...	820

Abbildung 25: Hauptfenster der Material- und Konstruktionsdatenbank

#### 4.2.1 Materialdatenbank

Das Material-Datenbank-Fenster bzw. die Materialliste zeigt die Liste der im Programm verfügbaren Materialien.

Id	Name	Kategorie	Produktname	Hersteller	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$W_{80}$ [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	$W_{Sat}$ [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	$A_w$ [kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> ]
112	Anbindung Fachwerkwärmedämme...	Putze, Mörtel und Ausf...		HAACKE Energie...	710	0,190	15	0,0170	0,5540	0,9000
20	Anhydrit-Fließestrich	Putze, Mörtel und Ausf...	FE 50 Largo	Knauf Gips KG	2.060	1,400	94	0,0380	0,2530	4,8840
230	Antschimmelputz	Putze, Mörtel und Ausf...	ASIT	Remmers Bausto...	465	0,106	8,4	0,0617	0,8122	0,8057
518	Bayosan TTK Mineralischer Kleber	Putze, Mörtel und Ausf...	TTK	Baumit GmbH (Ba...	1.164	0,288	13	0,0228	0,5606	4,9155
406	Calciumsilikat Kleber leicht	Putze, Mörtel und Ausf...		CALSTHERM Silik...	820	0,216	19	0,1390	0,6906	0,4807
407	Calstherm KP-Kleber	Putze, Mörtel und Ausf...		CALSTHERM Silik...	1.473	0,920	38	0,1202	0,4442	0,5034
43	Calstherm KP-Kleber	Putze, Mörtel und Ausf...		SCHOMBURG Gm...	1.470	0,918	38	0,0012	0,4442	0,5034
123	CaSi-Kleber leicht	Putze, Mörtel und Ausf...	CAKLe_ordinal Sc...	Schommer Syste...	820	0,216	19	0,1399	0,6906	0,4807
483	Dichtspachtel	Putze, Mörtel und Ausf...		Remmers Bausto...	1.712	0,828	64	0,0582	0,3538	0,0627
481	Dünnschicht- und Ausgleichsputz 2...	Putze, Mörtel und Ausf...	multi 2705	maxit Baustoffw...	1.388	0,300	26	0,0149	0,4761	2,7081
304	Fachwerklebputz	Putze, Mörtel und Ausf...	FD01	Baumit GmbH (Ba...	1.360	0,930	8,1	0,0062	0,4900	0,0800
305	Fachwerkmörtel	Putze, Mörtel und Ausf...		Remmers Bausto...	960	0,170	17	0,0100	0,6100	1,9000

Abbildung 26: Materialdatenbank

Die Datenbank wird automatisch beim Programmstart, beim Hinzufügen  oder Umtauschen  eines Materials bzw. über den Button  in der Werkzeugleiste geöffnet.

Mit dem Klicken auf die erste Zeile der Materialliste kann die Tabelle alphabetisch oder numerisch, entsprechend der angeklickten Spalte, angeordnet werden. Wenn beim **Filter für Materialname** ein Text eingegeben wird, werden nur noch die Materialien angezeigt, in deren Namen der Textbaustein vorkommt. Zum Beispiel bewirkt die Eingabe von "beton" im Kategoriefilter, dass nur noch Materialien in denen der Begriff "beton" vorkommt angezeigt werden (z. Bsp. Leichtbeton). Mit der **Kategorieleiste** kann man eine der vorhandenen Materialkategorien auswählen. Es gibt derzeit 12 verschiedene Kategorien in der Datenbank.

Die vom Benutzer erstellten Materialien werden in einer anderen Farbe (grün) dargestellt und lassen sich mit  löschen oder mit  modifizieren. Der Button  ruft den Dialog zur Erstellung eines Materials auf.

Wollen sie im Rahmen z.B. einer Variantenstudie ein in der offiziellen Datenbank vorhandenes Material in seinen Eigenschaften variieren, können Sie dieses Material mit  kopieren, modifizieren und dann abspeichern. Anschließend ist das geänderte Material in der COND-Datenbank als Benutzer-Material grün gekennzeichnet. Das ursprüngliche Material bleibt unverändert erhalten.

*Hinweis:* Nur selbst erstellte Materialien können aus der Materialliste wieder entfernt werden.

#### 4.2.2 Konstruktionsdatenbank

Die Liste der Konstruktionsdatenbank zeigt die verfügbaren Konstruktionen. In der Liste werden der Name und die Schichten, von warm nach kalt, angezeigt. Die Taste  erlaubt das Löschen der selektierten Konstruktion. Zufügen neuer Konstruktionen erfolgt derzeit nur über das Hauptmenü **Bearbeiten** → **Zufügen zu Konstruktionsdatenbank**.

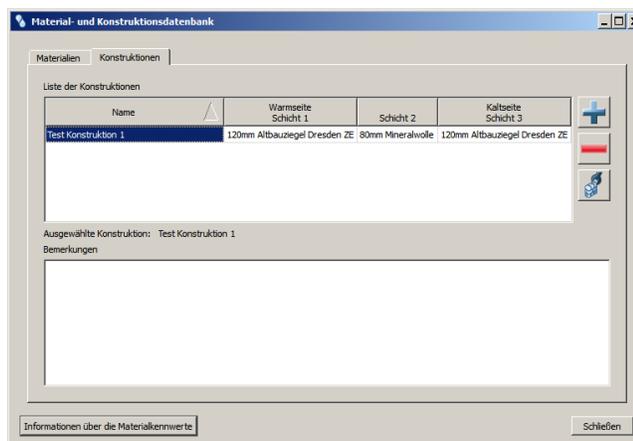


Abbildung 27: Konstruktionsdatenbank

#### 4.2.3 Materialdefinitionen

Neue Materialien lassen sich nach einem Klick auf  in der Materialdatenbank eingeben. Hierauf erscheint folgendes Fenster:

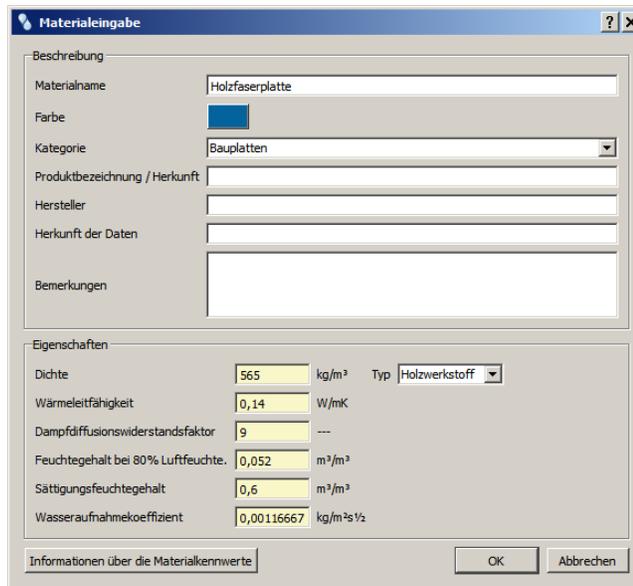


Abbildung 28: Materialeditor

In dem oberen Abschnitt **Beschreibung** können alle Angaben bis auf die Kategorie frei gewählt werden. Die Farbe des Materials lässt sich durch Klick auf die Farbfläche beliebig verändern. Die **Bemerkungen** geben dem Benutzer die Möglichkeit, Details zur Herkunft oder andere Anmerkungen festzuhalten.

Unter Eigenschaften kann das Material hygrothermisch definiert werden. Die Angabe der **Dichte** wird nicht zur Berechnung benötigt und dient nur der Einordnung bzw. Orientierung in der Materialdatenbank. Die einzelnen Eigenschaften sind im Abschnitt Materialkennwerte erläutert. Dieser Abschnitt der Hilfe wird auch aufgerufen, wenn links unten auf die Schaltfläche **Informationen über Materialkennwerte** geklickt wird. Die Angabe des **Types** ist für den Test gegenüber der maximalen Kondensatmenge nach DIN 4108-3 4.2.1 notwendig. Hier wird bei Angabe von Holz oder Holzwerkstoffen der Test nach 4.2.1 e) durchgeführt. Luftschichten als Material sind fest in COND eingebaut und können nicht bearbeitet werden.

#### 4.2.4 Materialkennwerte

Der COND-Berechnungsalgorithmus ist ein vereinfachtes analytisches Verfahren und verwendet ein eingeschränktes Materialmodell. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die geringe Zahl von Materialkennwerten.

*Hinweis:* Das vereinfachte Materialmodell erlaubt lediglich die *Beurteilung* einer Konstruktion (welche jedoch genauer als beim Glaser-Schema ist). Wird eine bauphysikalische 2D-Simulation einer Konstruktion (auch unter realen Klimabedingungen) benötigt, so sollte ein numerisches Simulationsprogramm (z. Bsp.

DELPHIN) verwendet werden. Es verfügt über ein vollständiges Materialmodell und erlaubt somit eine realitätsgetreue Simulation von Bauteilen und Konstruktionen.

Für die COND-Berechnung sind neben den vom Glaser-Schema her bekannten Kennwerten noch Materialparameter für den Flüssigwassertransport und das Speicherverhalten notwendig. Insgesamt werden 5 Kennwerte benötigt, die weiter unten beschrieben werden.

*Hinweis:* Die Kennwerte von ähnlichen Baumaterialien unterschiedlicher Hersteller oder beprobter Objekte unterliegen zum Teil grossen Schwankungen, Abweichungen sind somit in kleinerem Rahmen üblich. Ebenso ändern die Hersteller immer wieder die Rezepte ihrer Produkte, ohne die Bezeichnung der Materialien zu ändern. Sind die verwendeten Baustoffe bekannt, sollten die Kennwerte in den Berechnungen dementsprechend angepasst werden.

**Rohdichte  $\rho$**  Die Rohdichte geht nicht in die Berechnungen ein. Sie dient lediglich der Abgrenzung bzw. Einordnung ähnlicher Baustoffe. Ist z. Bsp. die Rohdichte eines Baustoffes bekannt, weicht jedoch stark von der Rohdichte des Stoffes in der Materialdatenbank ab, so sollte eine Abschätzung bzw. Korrektur der tabellierten Materialkennwerte vorgenommen werden.

*Hinweis:* Die Dichte beeinflusst direkt die Wärmeleitfähigkeit, die Dampfdiffusion und den Sättigungsfeuchtegehalt. Indirekt wird auch der Wasseraufnahmekoeffizient beeinflusst.

**Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$**  Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, welche Wärmemenge je  $m^2$  Fläche bei einer Temperaturdifferenz von einem Kelvin und einer Schichtdicke von einem Meter durch den Stoff abgeleitet wird. Nähere Erläuterungen werden im Anhang A 4 der EN ISO 7345:1995 gegeben.

In den einschlägigen Vorschriften (z.B. DIN 4108-4) werden Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit aufgeführt, welche in COND verwendet werden sollten. Dieser Bemessungswert wird in der COND-Materialtabelle angezeigt, wenn er verfügbar ist. Dies ist für alle derzeit auf dem Markt befindlichen Materialien der Fall. Für Altbaumaterialien ist dieser Wert nicht verfügbar. In diesem Fall wird die Wärmeleitfähigkeit des trockenen Materiales angezeigt. COND berücksichtigt die Bildung von Flüssigwasser. Die Wärmeleitfähigkeit des Materials wird um den Anteil des entstandenen Wassers erhöht.

**Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl  $\mu$**  Die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ist ein Verhältniswert zwischen dem messbaren Diffusionskoeffizient eines Stoffes und der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl in Luft (siehe nationaler Anhang N3 EN ISO 9346:1996). Dieser Stoffkennwert ist abhängig vom Feuchtegehalt. Für die Berechnung im COND wird der im DryCup-Verfahren bestimmte  $\mu$ -Wert verwendet (DIN EN ISO 12 572).

**Ausgleichsfeuchte und Sättigungsfeuchtegehalt** Für die Berechnung der Feuchtespeicherung ist die Kenntnis der Saugspannungskurve bzw. der Sorptionsisotherme notwendig. Der je nach Material sehr komplexe Verlauf dieser Funktionen wird linear approximiert.

Beim  $w_{80}$ -Wert handelt es sich um die Ausgleichsfeuchte zu 80% relativer Luftfeuchte. Der Wert  $w_{sat}$  beziffert die Porosität (früher: Wassergehalt bei freier Sättigung) der dem Wasserdampftransport zur Verfügung steht, Dieser Wassergehalt wird bei langer Lagerung unter Wasser bzw. in feuchtegesättigter Luft erreicht. Beide Kennwerte werden als volumetrische Größen in der Einheit  $m^3/m^3$  dargestellt. Bei der Eingabe von  $w_{80}$  sollte darauf geachtet werden, dass die aus den Punkten  $[80\%;w_{80}]$  und  $[100\%;w_{sat}]$  gebildete Gerade eine gute Näherung zur gemessenen Sorptionsisotherme darstellt. Eine ungefähre Kenntnis der Sorptionsisotherme ist bei der Definition eines neuen Materials also ausgesprochen hilfreich.

*Hinweis:* Bei einigen Materialien mit höherer Porosität und hohem Wasseraufnahmevermögen entspricht der Wert  $w_{sat}$  nicht der Porosität. Dies könnte sonst bei einigen Wandkonstruktionen zu ausgesprochen hohem und unrealistischem Kondensatanfall führen. Bei aufgeschäumten Materialien, wie z. Bsp. Polystyrolschaum, hingegen entspricht  $w_{sat}$  der Porosität.

**Wasseraufnahmekoeffizient  $A_w$**  Der Wasseraufnahmekoeffizient  $A_w$  kennzeichnet die durch kapillare oder absorptive Kräfte bedingte flächenbezogene Wasseraufnahme von Stoffen bei Oberflächenbenetzung ohne nennenswerten Überdruck. Er wird durch den standardisierten Aufsaugversuch bestimmt (siehe DIN EN ISO 15148). Der Wasseraufnahmekoeffizient wird üblicherweise in den Einheiten  $kg/m^2s^{0,5}$  bzw.  $kg/m^2h^{0,5}$  angegeben. Bei Definition des Materials muss darauf geachtet werden, dass der  $A_w$ -Wert in der Einheit  $kg/m^2s^{0,5}$  eingegeben wird. Der Umrechnungsfaktor ist 60:

$$60kg/m^2s^{0,5} = 1kg/m^2h^{0,5}$$

Im Programm kann später die für die Anzeige verwendete Einheit in der 2.1.5 umgestellt werden.

Liegt eine nicht messbare Flüssigwasserleitfähigkeit (z.B. Mineralwolle) vor, sollte aus programmiertechnischen Gründen trotzdem eine extrem geringe Leitfähigkeit eingegeben werden, z.B:  $1 \cdot 10^{-8}$ . Ebenso kann ein sehr niedriger  $A_w$ -Wert angenommen werden, wenn dieser für ein neues Material nicht bekannt ist. Die Ergebnisse befinden sich dann bezüglich der Kondensatmenge in diesem und angrenzenden Materialien auf der sicheren Seite.

**Bestimmung der Kennwerte im Labor** Die Bestimmung der Materialkennwerte (insbesondere der Feuchtespeicherfunktion) erfolgt im Labor und muss sehr sorgfältig durchgeführt werden. Das Labor des Institutes für Bauklimatik (IBK) der TU Dresden verfügt über die technische Ausrüstung und das KnowHow, sowohl die Kennwerte für COND zu bestimmen, als auch eine

umfassende Materialanalyse für das Simulationsprogramm DELPHIN durchzuführen.

Eine Materialprüfung sowie die Bestimmung von Transport- und Speicherparametern wird von Labor des IBK der TU Dresden als Dienstleistung angeboten. Nähere Informationen finden sie auf der Instituts-Webseite: Homepage IBK

## 5 FAQ / Spezielle Berechnungen

### 5.1 Berechnungen mit Oberflächenkondensat

Problem:

Im Falle von Oberflächenkondensat schlägt sich an den Wandoberflächen Tauwasser nieder, welches teilweise von der angrenzenden Materialschicht aufgenommen werden könnte. COND zeigt aber keine Kondensatmenge an.

Grund:

In COND besitzt die an der Wandoberfläche angrenzende Luftschicht keine Transport- oder Speichereigenschaften, sodass für das dort anhaftende Kondensat keine Massenberechnung erfolgen kann.

Mögliche Lösung:

Durch eine Hilfestellung wird dieser Spezialfall für COND handhabbarer, wenn auf der betreffenden Oberfläche eine Luftschicht aus der Materialdatenbank angeordnet wird. Eine zusätzliche Luftschicht erhöht den **Übergangswiderstand**, deshalb muss unbedingt beachtet werden, dass der ursprüngliche Gesamt-Übergangswiderstand dieser Seite wiederhergestellt wird (üblicherweise innen  $0,13m^2K/W$ ).

Beispiel:

Aus der Materialliste soll das Material "Luftschicht" ausgewählt werden und mit einer Dicke von 5 mm an der Innenseite der Konstruktion angeordnet werden. Der Wärmeübergangswiderstand einer solchen Luftschicht beträgt  $0,111m^2K/W$ . Da der raumseitige Übergangswiderstand  $0,13m^2K/W$  betragen sollte, muss in der Eingabemaske der raumseitige Wärmeübergangswiderstand auf  $0,019m^2K/W$  reduziert werden. Damit ergibt sich der Wärmeübergangswiderstand auf der Rauminnenseite wieder zu insgesamt  $0,13m^2K/W$ .

*Hinweis:* Das Anfallen von Oberflächenkondensat weist eindeutig darauf hin, dass dem Wärmeschutz nicht ausreichend Rechnung getragen wurde. Die energetische Situation sollte unbedingt verbessert werden.

### 5.2 Berechnung einschichtiger Konstruktionen

Eine einschichtige Konstruktion soll berechnet werden. Für diesen Fall kann COND keinen Kondensatanfall berechnen.

Grund:

Der Berechnungsalgorithmus von COND sieht zunächst nur einen Kondensatanfall an einer Grenze zwischen Materialschichten bzw. an der Oberfläche vor (siehe 5.1).

Mögliche Lösung:

Bei Konstruktionen, die nur aus einem Baumaterial bestehen, wird deshalb erst beim Anfallen von Oberflächenkondensat eine entsprechende Meldung ausgegeben. Trotzdem könnte bei geeigneten Bedingungen auch innerhalb der Konstruktion Kondensat anfallen. Teilen sie deshalb die eine Materialschicht in mehrere Schichten desselben Baumaterials auf. Dann sind die für den Algorithmus notwendigen Materialschichtgrenzen vorhanden.

### 5.3 Berechnung inhomogener Querschnitte

Problem:

Es soll ein inhomogener Querschnitt, wie z.B. bei einem Fachwerkgebäude berechnet werden.

Grund:

COND ist eine eindimensionales Programm und kann zweidimensionale Aufgabenstellungen nicht berechnen (siehe auch bei Delphin).

Mögliche Lösung:

Berechnen Sie getrennt die Schnitte durch die verschiedenen Schichtaufbauten. Im Beispiel mit dem Fachwerk bedeutet das, dass einmal der Schnitt durch den Holzquerschnitt und zum anderen der Schnitt durch das Gefach berechnet wird. Die DIN EN ISO 6946 Abs. 6.2 (Okt. 2003) gibt an, wie die wärmetechnischen Konstruktionskennwerte (U- und R-Wert) inhomogener Querschnitte flächenanteilig ermittelt werden können.

Dieses Vorgehen bezieht sich nicht auf die Kondensatmengen! Die Übertragbarkeit dieser Methode auf die Kondensatmengen der "Gesamt-"Konstruktion ist noch nicht ausreichend untersucht worden. Ein solches Ergebnis ist deshalb nur als Anhaltspunkt zu verstehen und hat weniger Aussagekraft als das richtlinienkonforme Ergebnis für den U- und R-Wert.

### 5.4 Berechnung diffusionsdichter Konstruktionen

Problem:

Bei Konstruktionen mit einer diffusionsdichten Schicht außenseitig der Dämmebene kann es zu extrem langen Einstellzeiten von über 10 Jahren kommen.

Ursache:

Für solche Konstruktionen ist der COND-Algorithmus nur bedingt geeignet (wie das Glaser-Schema auch).

Lösung:

Eine Überprüfung der Berechnungsergebnisse mit einer Simulationssoftware, wie z.B. Delphin, wäre hier sinnvoll.

## 5.5 Statt Ergebnis Fehlermeldung

Problem:

COND berechnet keine Ergebnisse: Im Ergebnisfeld erscheint stattdessen eine Fehlermeldung.

Grund:

Der COND-Algorithmus kann für die vorliegende Konstruktion mit den gewählten Klimarandbedingungen keine Lösung berechnen.

Mögliche Lösung:

Löschen Sie einzelne Materialschichten um herauszufinden, an welcher Stelle genau es zu Problemen kommt. Unter Umständen ist die gelöschte Schicht von untergeordneter Bedeutung und kann vernachlässigt werden (dünne Deckschichten) oder die Berechnung befindet sich durch das Weglassen der Schichten auf der sicheren Seite.

Variieren Sie die Materialkennwerte etwas, insbesondere die Änderung der  $\mu$ -Werte, des  $A_w$ -Wertes und der Wärmeleitfähigkeit kann dazu führen, dass COND eine Lösung findet. Unter Umständen sind die Änderungen nur marginal, zumindest liefern sie dem erfahrenen Nutzer einen hilfreichen Hinweis.