

# 3D-Modellierung in DELPHIN

## 1 Einführung

Dieses Tutorial demonstriert die Erstellung eines dreidimensionalen Details in DELPHIN. Dabei handelt es sich um einen Holzbalkenkopf, der in ein innengedämmtes Mauerwerk eingebunden ist. Das Detail ist bewusst einfach gehalten, um die allgemeine Vorgehensweise bei der Erstellung dreidimensionaler Details besser erläutern zu können. So wird auf Luftschichten um den Balkenkopf verzichtet, sowie auf Abdichtungsmaßnahmen zwischen Balkenkopf und Innendämmung. Auf die Abbildung eines Deckenaufbaus wird ebenfalls verzichtet. Deshalb ist es in dem Beispiel nicht möglich die Luftzirkulation um den Balkenkopf zu betrachten, oder einen Luftaustausch zwischen Balkenaufleger und Raumklima (Bild 1).

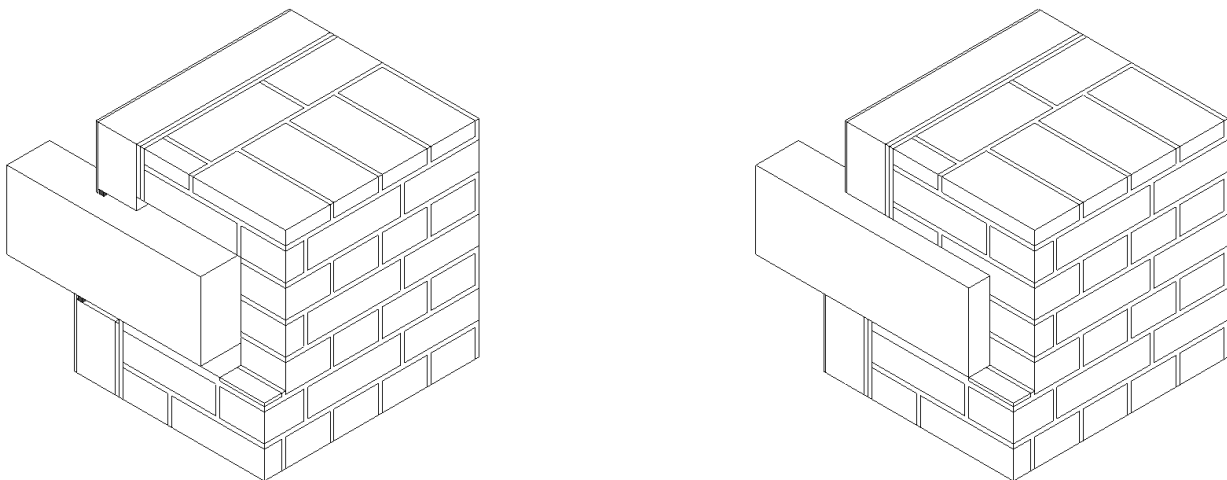


Bild 1 Links Detail mit Luftschichten um Balkenkopf, rechts ohne Luftschichten

Für das in Bild 1 rechts schematisch dargestellte Detail soll die Holzerstörung an drei Punkten untersucht werden. Dafür wird das Detail weiter vereinfacht.

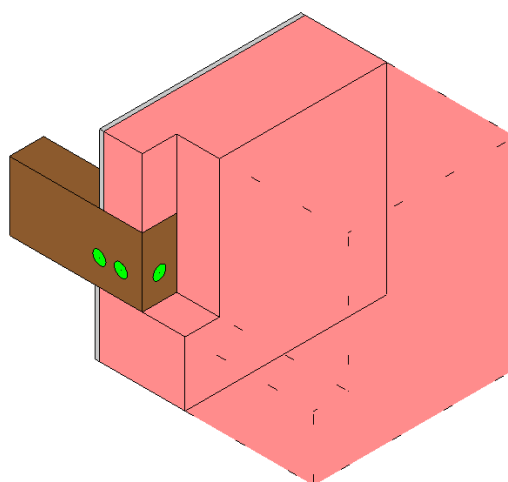


Bild 2 Ungedämmtes, vereinfachtes Detail

Der zu untersuchende Aufbau besteht aus einer innen gedämmten Variante mit 6 cm extrudiertem Polystyrol (XPS). Die Geometrie der Konstruktion ist in Bild 3 dargestellt. Der Holzbalken ist 8 cm breit, 16 cm hoch und (im geometrischen Modell) 60 cm lang. Davon sind 10 cm in das Außenmauerwerk eingebettet. Die Wand wird mit einer Dicke von 20 cm angenommen. Auf jeder Seite des Balkens werden 50 cm Mauerwerk mitmodelliert. Da der Einfluss des Klebemörtels bei der XPS-Variante hygrothermisch unerheblich ist, wird er nicht berücksichtigt. Die Details des Aufbaus sind in Tabelle 1 und in Bild 4 zusammengefasst.

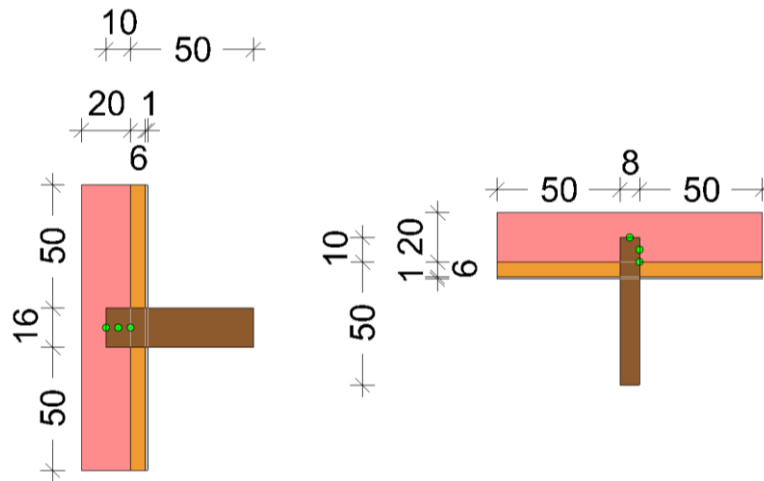


Bild 3 Links Vertikalschnitt, rechts Grundriss

Tab. 1 Konstruktionsaufbau

| Variante | Beschreibung                        |
|----------|-------------------------------------|
| XPS 6 cm | 20 cm Ziegel + 6 cm XPS + 1 cm Putz |

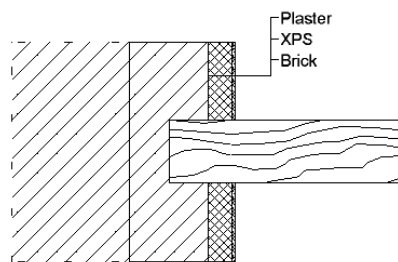


Bild 4 Konstruktionsaufbauten

Die Ausgabedaten werden auf Stundenwerte für Temperatur, relative Luftfeuchte und Holzfeuchte (kg/kg) für die in Bild 3 oder Bild 5 dargestellten Punkte reduziert. Berechnet wird die Holzzerstörung nach Viitanen (Viitanen H, Toratti T, Makkonen L, Peuhkuri R, Ojanen T, Ruokolainen L, Räsänen J: „Towards modelling of decay risk of wooden materials“ in Eur. J. Wood Prod. (2010) 68: 303–313). Die Messpunkte befinden sich in der Mitte der Stirnfläche, an der Seitenfläche des Balkens 5 cm vom Stirnholz entfernt und an der Seitenfläche am Kontaktpunkt zwischen Innendämmung, Holzbalken und Mauerwerk.

Durch den Verzicht auf den Deckenaufbau und die Luftschichten, kann durch die Symmetrie das Detail auf ein Viertel seiner realen Größe reduziert werden.

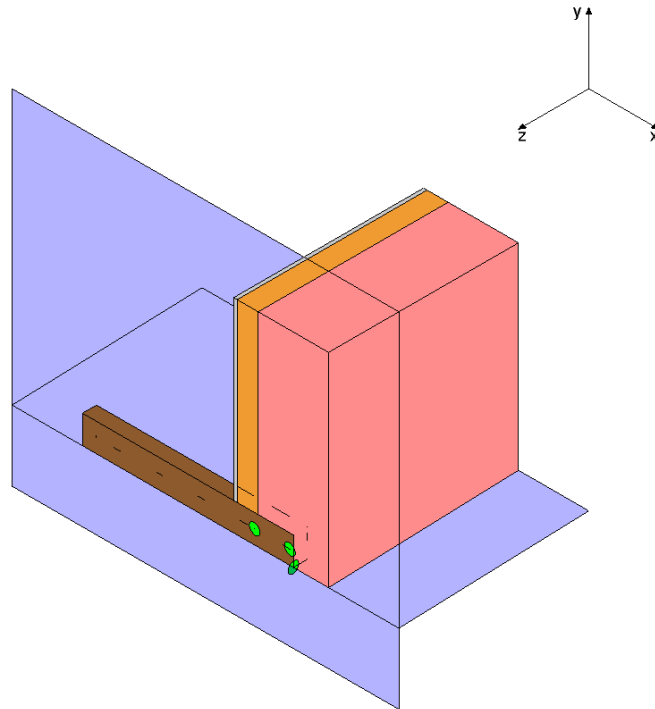


Bild 5 Verwendung der Symmetrie

Folgendes Schema kommt grundsätzlich bei der Erarbeitung und Auswertung von 3D-Details zur Anwendung:

1. Festlegung der Geometrie
2. Zuweisungen (unter Berücksichtigung der Schnittebenen) von
  - Materialien
  - Randbedingungen
  - Anfangsbedingungen, Feldbedingungen
  - Ausgabedaten
3. Diskretisierung
4. Simulation
5. Auswertung

## 1.1 Festlegung der Geometrie

Im Moment steht für die Erstellung dreidimensionaler Details noch keine grafische Oberfläche zur Verfügung. Der Aufbau muss deshalb händisch mittels eines Texteditors erfolgen. Von der Verwendung des MS Windows Editors wird dringend abgeraten. Stattdessen sollten alternative Editoren benutzt werden, z. B. Notepad++, TextPad, PSPad etc. Nach dem Installieren eines externen Editors muss im Menü Bearbeiten >> Einstellungen: Externe Programme der Pfad auf den Editor gesetzt werden.

Zunächst wird das Detail in jede Achsrichtung zerlegt, Skizzen sind dabei hilfreich. In x-Richtung entstehen dadurch Spalten, in y-Richtung Zeilen und in z-Richtung Schichten. DELPHIN 6 nutzt ein rechtshändiges Koordinatensystem. Beachten Sie, dass die z-Achse „aus der Bildebene“ ragt. Die Nummerierung der Elemente steigt, beginnend mit Null, in Achsrichtung an. Für das Balkenkopfdetail ergibt sich die Nummerierung aus Bild 6, die Schichtdicken sind in Bild 7 angegeben.

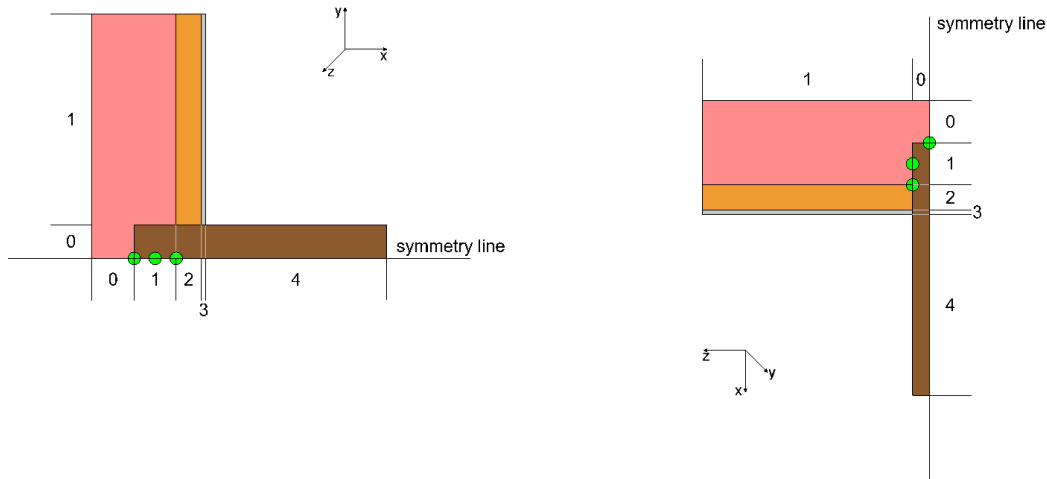


Bild 6 Nummerierung der Schichten: links Vertikalschnitt, rechts Grundriss

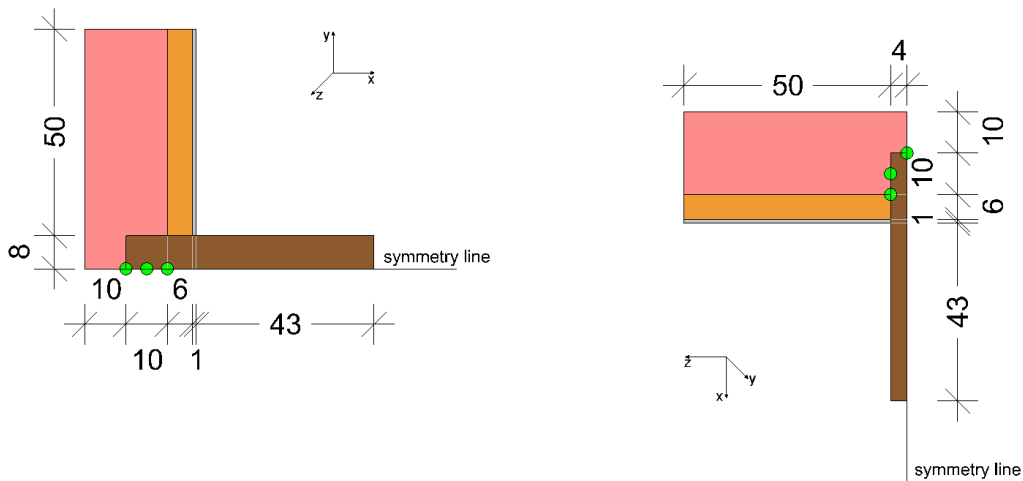


Bild 7 Dicken der Schichten: links Vertikalschnitt, rechts Grundriss

Es wird empfohlen, das 3D-Modell auf der Grundlage eines 2D-Modells oder, bei „komplizierteren“ Details, zwei 2D-Modellen zu erstellen. In Bild 6 und Bild 7 sind jeweils der xy- und yz-Schnitt dargestellt. Im Projekterstellungsassistenten, d.h. wenn ein neues Projekt angelegt wird, wird auch ein kartesisches 3D-Gitter angeboten. Das hilft derzeit allerdings nicht bei der Erstellung von 3D-Modellen.

Im Rahmen dieses Tutorials wird der xy-Schnitt modelliert, mit fünf Schichten in x- und zwei Schichten in y-Richtung. Das Vorgehen bei der Erstellung ein- und zweidimensionaler Details wird in den Tutorials 1 und 2 erläutert.

## 1.2 Zuweisungen

Im Anschluss an die Geometrieerstellung kann mit der Zuweisung der einzelnen Konstruktionseigenschaften begonnen werden. Die für die Bearbeitung des Details notwendigen Zuweisungen werden im Folgenden näher erläutert.

### 1.2.1 Materialien

Die Materialien aus Tabelle 2 entstammen der DELPHIN 6 Materialdatenbank. Für verschiedene Hölzer sind Materialdatensätze verfügbar, welche die anisotropen Eigenschaften von Holz berücksichtigen. Diese Datensätze können vom Kunden-Support angefordert werden. In diesem Tutorial soll vereinfachend der Datensatz einer Fichte mit longitudinalen Eigenschaften verwendet werden.

Tab. 2 Materialien

| Schicht | Material                                    | Delphin ID         |
|---------|---|--------------------|
| Ziegel  | Altbauziegel Dresden ZL                     | 500                |
| Putz    | Gipsputz                                    | 799                |
| XPS     | Polystyrolplatte – extrudiert               | 189                |
| Holz    | Fichte longitudinal (bzw. Fichte anisotrop) | 711 (bzw. Support) |

### 1.2.2 Klimarandbedingungen

Einzelne Klimarandbedingungen werden in DELPHIN 6 zu Interfaces („Oberflächen/Rändern“) zusammengefasst (siehe Tutorial 1 und 2). Ordnen Sie im xy-Schnitt ein von Ihnen gewähltes Innen- und Außenklima den Oberflächen zu.

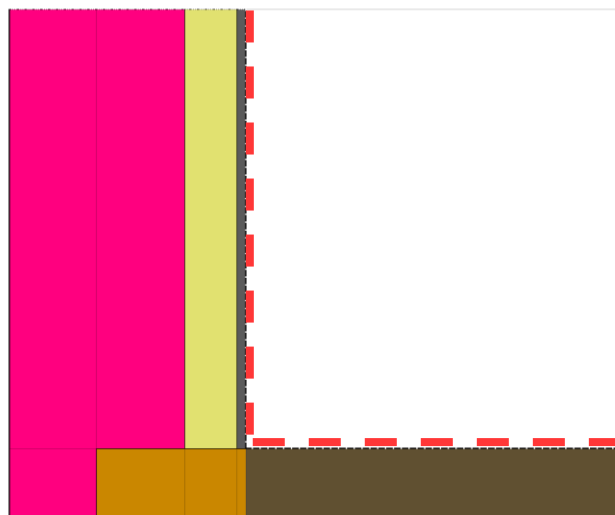


Bild 8 Anordnung des Innenklimas im xy-Schnitt

Spezielle Anfangs- oder Feldbedingungen sollen in diesem Tutorial nicht festgelegt werden.

### 1.2.3 Ausgabedaten

Da es sich bei dem Holzbalken um ein besonders feuchteempfindliches Material handelt, soll dieser näher untersucht werden. Dafür werden drei Ausgaben definiert (siehe Tutorial 1, Tutorial 2 bzw. Delphin5-Tutorial 4).

| Ausgabeart           | Einheit | Ausgabeart | Ausgabetyt         |
|----------------------|---------|------------|--------------------|
| Temperatur           | °C      | Mittelwert | Koordinatenausgabe |
| Relative Luftfeuchte | %       | Mittelwert | Koordinatenausgabe |

| Massebezogener Wassergehalt | kg/kg | Mittelwert | Koordinatenausgabe |
|-----------------------------|-------|------------|--------------------|
|-----------------------------|-------|------------|--------------------|

Ausgaben können einzelnen Punkten oder Elementbereichen zugeordnet werden. Hier sollen die drei Ausgaben je drei Sensorpositionen, z. B. in Bild 6 abgebildet, zugeordnet werden. Für die x-Richtung können die Werte 0,101m (Bild 9), 0,15m und 0,2 angegeben werden, für die y-Richtung wird 0,0m eingesetzt was bedeutet, dass sich alle Ausgabepunkte entlang der Mitte des realen Holzbalkens befinden (zweifache Ausnutzung der Symmetrie).

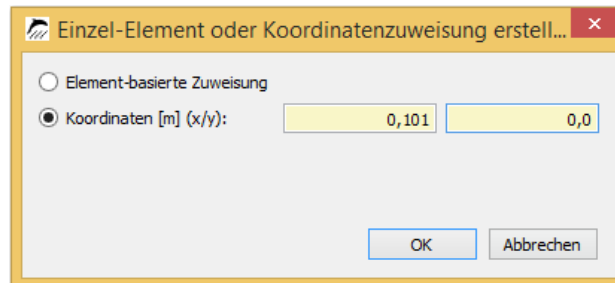


Bild 9 Anordnung einer Ausgabe direkt am Stirnholz des Balkenkopfes

### 1.3 Berücksichtigung der dritten Dimension

Die Berücksichtigung der dritten Dimension kann dadurch erfolgen, dass *eine* vorhandene Projektdatei in einem Texteditor entsprechend bearbeitet wird. Die andere Möglichkeit ist, dass *zwei* Projektdateien mit zwei verschiedenen Schnitten zusammengesetzt werden, ebenfalls mit Hilfe eines Texteditors. Dieses Tutorial beschreibt, wie *eine* Projektdatei erweitert wird.

Nach dem Abspeichern des undiskretisierten Modells lässt sich die Projektdatei nach Drücken der ‚F2‘-Taste innerhalb eines Editors bearbeiten. Die Syntax der Projektdateien orientiert sich am XML-Standard. Die Breite und Höhe aller Elemente ist im Bereich <Discretization> abgelegt.

---

```

<Discretization>
  <XSteps unit="m">0.1 0.1 0.06 0.01 0.43</XSteps>
  <YSteps unit="m">0.08 0.5</YSteps>
</Discretization>

```

→ Schichten in x-Richtung  
→ Schichten in y-Richtung

---

```

<Discretization>
  <XSteps unit="m">0.1 0.1 0.06 0.01 0.43</XSteps>
  <YSteps unit="m">0.08 0.5</YSteps>
  <ZSteps unit="m">0.04 0.5</ZSteps>
</Discretization>

```

→ Neue Schichten in z-Richtung

---

Bild 10 Geometriegitter: oben original aus xy-Schnitt, unten „per Hand“ im Editor ergänzt

Im oberen Bereich von Bild 10 sind die bisher angelegten Schichten zu sehen. Mit Hilfe der Skizzen in Bild 6 und Bild 7 können sie nun durch die Schichten in z-Richtung („aus der Bildschirmenebene heraus“) wie abgebildet ergänzt werden. Bei Projekten mit vielen Schichten kann es einfacher sein, aus einem zweiten Projekt mit anderer Schnittrichtung die jeweils fehlenden Angaben hineinzukopieren, wobei dann darauf geachtet werden muss die Achsenangabe <ZSteps ... /ZSteps> korrekt einzugeben.

Anschließend müssen die anderen Komponenten Materialzuordnung, Klimarandbedingungen, Anfangsbedingungen etc. und Ausgaben bearbeitet werden. Alle diese Zuordnungen befinden sich weiter unten in der .d6p-Datei, im Abschnitt <Assignments>.

### 1.3.1 Materialzuordnung

In Delphin werden jegliche Zuordnungen (= Assignments) folgendermaßen abgelegt:

---

```
<Assignment type="Material" location="Element">
  <Reference>Material</Reference>
  <Range>x1 y1 z1 x2 y2 z2</Range>
</Assignment>
```

---

Bild 11 Zuordnung von Materialien zu Elementen

In der ersten Zeile eines Zuordnungsbereichs wird zunächst angegeben, was den angegebenen Elementen zugeordnet wird, in Bild 11 ist es ein Material, location spezifiziert die Zuordnung. In diesem Beispiel erfolgt die Zuordnung über die Angaben der Elemente, die in <Range ... /Range> angegeben sind. Zuerst werden die in Achsenrichtung ersten Elemente x1, y1 und z1 angegeben, darauf folgen die jeweils letzten Elemente in jede Achsenrichtung.

Bezogen auf den Holzbalken bedeutet dies den Zuordnungstyp Material, die Zuordnungsart Element, und die Reference nennt das zugeordnete Material, hier Spruce (Bild 12). Der Koordinatenbereich ergibt sich unter Beachtung des Rasters aus Bild 13. In x-Richtung (rot) erstreckt sich die Zuweisung von Element 1 bis 4. In y- (grün) und z-Richtung (gelb) enthält jeweils nur die erste Schicht das Material, weshalb nur Nullen zugeordnet sind. Da wir in diesem Beispiel vom xy-Schnitt ausgehen, müssen lediglich die beiden Nullen für z1 und z2 eingefügt werden.

---

```
<Assignment type="Material" location="Element">
  <Reference>Spruce</Reference>
  <Range>1 0 0 4 0 0</Range>
</Assignment>
```

---

Bild 12 Zuordnung des Materials Spruce zu den entsprechenden Elementen

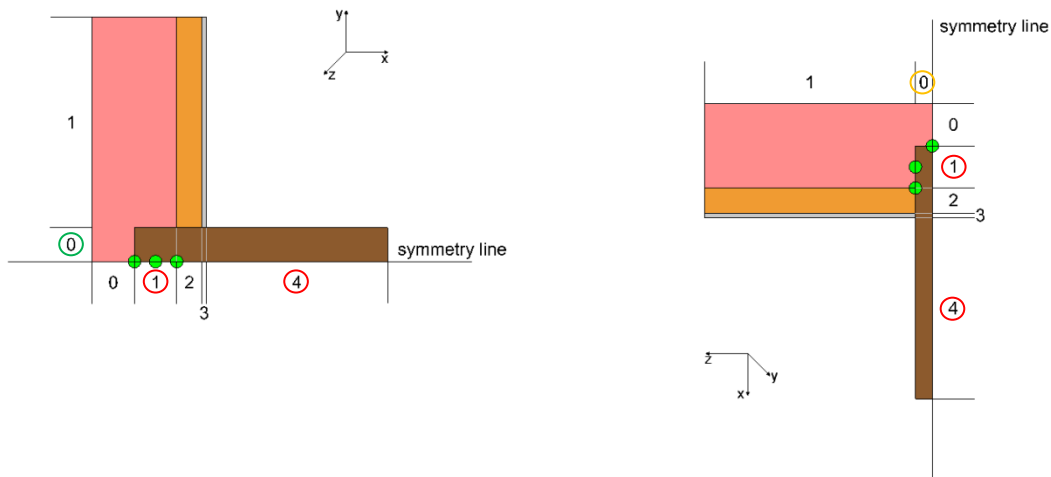


Bild 13 Geometrieraster

Es wäre bei diesem Detail umständlich, alle Zuweisungen so exakt wie in Bild 14 anzuordnen. In DELPHIN gilt die Regel, dass zuletzt angeordnete Zuweisungen ältere Zuordnungen überschreiben. Das kann man sich hier zu Nutze machen, indem zuerst alle anderen Materialien so zugeordnet werden, als ob der Holzbalken nicht da wäre. Als letztes wird dann der Holzbalken zugewiesen, der dann die vorigen Zuweisungen überschreibt.

---

```

<Assignment type="Material" location="Element">
  <Reference>Altbauziegel Dresden ZL [500]</Reference>
  <Range>0 0 0 1 1 1</Range>
</Assignment>

<Assignment type="Material" location="Element">
  <Reference>Gipsputz [799]</Reference>
  <Range>3 0 0 3 1 1</Range>
</Assignment>

<Assignment type="Material" location="Element">
  <Reference>Polystyrolplatte - extrudiert [189]</Reference>
  <Range>2 0 0 2 1 1</Range>
</Assignment>

<Assignment type="Material" location="Element">
  <Reference>Spruce</Reference>
  <Range>1 0 0 4 0 0</Range>
</Assignment>

```

---

Bild 14 Alle Materialzuweisungen

### 1.3.2 Klimarandbedingungen

Einzelne Klimarandbedingungen werden in „Oberflächen/Rändern“ zusammengefasst, die in der .d6p-Datei mit Interfaces bezeichnet sind. Diese Interfaces werden der Konstruktion analog dem Vorgehen für Materialien zugeordnet, mit Hilfe von Ranges. Allerdings wirken Klimarandbedingungen auf Oberflächen ein, weswegen hier noch genauer spezifiziert werden muss, um welche Oberflächen der Elemente es sich handelt. Dafür stehen bei location mehrere Optionen zur Verfügung, in x-Richtung Left und Right, in y-Richtung Top und Bottom und in z-Richtung Front und Back (Bild 15).

---

```

<Assignment type="Interface" location="Left/Right/Top/Bottom/Front/Back">
  <Reference>Name</Reference>
  <Range> x1 y1 z1 x2 y2 z2</Range>
</Assignment>

```

---

Bild 15 Zuordnung von Klimarandbedingungen bzw. Oberflächen/Rändern

Bild 16 zeigt, auf welche Flächen das Innenklima (rote Farbe) und das Außenklima (blaue Farbe) einwirken. Modellränder ohne Klimarandbedingung (grüne Flächen) werden als adiabat behandelt.



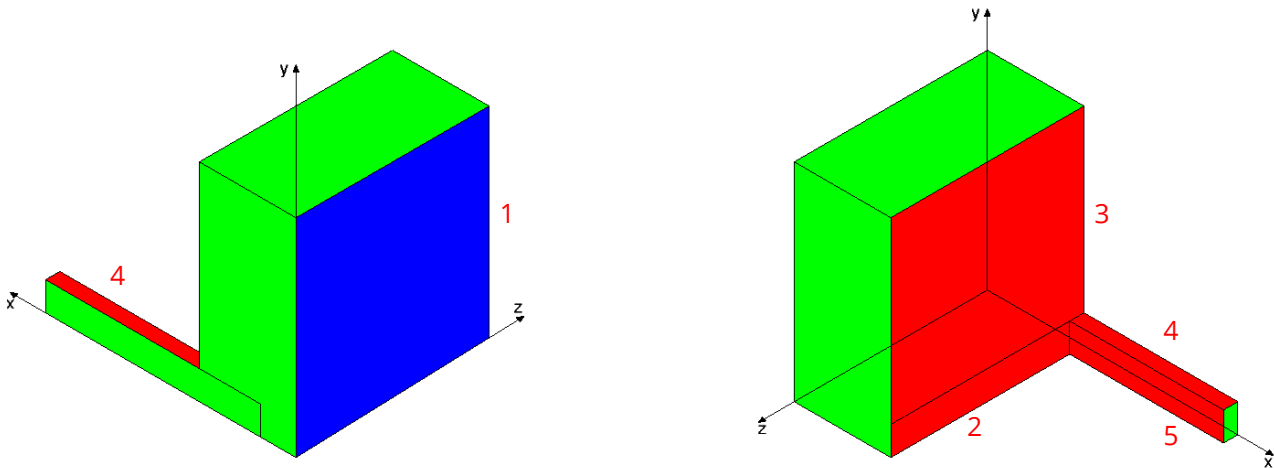


Bild 16 Zuordnung von Außenklima (blau) und Innenklima (rot)

In Bild 17 sind alle Zuordnungen angegeben. Das Innenklima wurde mit Inside bezeichnet, das Außenklima mit Outside. Die einzelnen Zuordnungen sind von 1 bis 5 nummeriert.

---

```

<Assignment type="Interface" location="Left">
  <Reference>Outside</Reference>
  <Range>0 0 0 0 1 1</Range>
</Assignment>

<Assignment type="Interface" location="Right">
  <Reference>Inside</Reference>
  <Range>3 0 1 3 0 1</Range>
</Assignment>

<Assignment type="Interface" location="Right">
  <Reference>Inside</Reference>
  <Range>3 1 0 3 1 1</Range>
</Assignment>

<Assignment type="Interface" location="Top">
  <Reference>Inside</Reference>
  <Range>4 0 0 4 0 0</Range>
</Assignment>

<Assignment type="Interface" location="Front">
  <Reference>Outside</Reference>
  <Range>4 0 0 4 0 0</Range>
</Assignment>
    
```

---

Bild 17 Zuordnung der Interfaces in der .d6p-Datei

### 1.3.3 Ausgaben

In Abschnitt 1.2.3 wurden bereits neue Ausgaben definiert und zugeordnet, allerdings nur dem xy-Schnitt, sodass auch hier noch die Angabe in z-Richtung fehlt. Die Sensorpositionen sind bspw. in Bild 6 und Bild 7 abgebildet. Im Zuordnungsbereich der d6p-Datei bekommen Ausgaben die Bezeichnung bzw. den „type“ Output. Da es sich in diesem Fall um Punktausgaben handelt, steht bei location nicht die

Bezeichnung Element sondern Coordinate. Dementsprechend werden diese Ausgaben nicht Elementen zugeordnet, sondern Koordinaten, die in Metern [m] eingegeben werden. Eine Ausgabenzuordnung mit Koordinaten sieht prinzipiell folgendermaßen aus:

---

```
<Assignment type="Output" location="Coordinate">
  <Reference>Name</Reference>
  <IBK:Point3D>x y z</IBK:Point3D>
</Assignment>
```

---

Bild 18 Ausgabenzuordnung mit Koordinaten

In der folgenden Abbildung Bild 19 sind die Temperatur-Zuordnungen für die drei Ausgaben zu sehen. Der erste Sensorpunkt soll in der Mitte des Stirnholzes sein, weswegen die z-Komponente 0 beträgt. Die weiteren beiden Punkte sollen sich einen Millimeter unterhalb der Holzoberfläche befinden. Da von dem Balken aus Symmetrie Gründen nur ein Viertel modelliert werden muss, beträgt die z-Komponente hier jeweils 0.039.

---

```
<Assignment type="Output" location="Coordinate">
  <Reference>Temp_EndSurface</Reference>
  <IBK:Point3D>0.101 0 0</IBK:Point3D>
</Assignment>

<Assignment type="Output" location="Coordinate">
  <Reference>Temp_5cm</Reference>
  <IBK:Point3D>0.15 0 0.039</IBK:Point3D>
</Assignment>

<Assignment type="Output" location="Coordinate">
  <Reference>Temp_ContactInsulation</Reference>
  <IBK:Point3D>0.2 0 0.039</IBK:Point3D>
</Assignment>
```

---

Bild 19 Zuordnung der Temperatureingaben

Zuweisungen von weiteren speziellen Anfangs- oder Feldbedingungen etc. lassen sich analog dem erläuterten Vorgehen vornehmen.

Die Auswertung des gesamten 3D-Berechnungsfeldes ist mit den Delphin-Postprozessoren nicht möglich. Zweidimensionale Schnitte können gleichwohl ausgegeben werden. Dabei müssen Sie darauf achten, dass es sich dabei tatsächlich um einen Schnitt handelt, d. h., dass in einer der drei Ebenen nur durch eine (diskretisiertes) Elementebene geschnitten wird.

## 1.4 Überprüfen der Zuordnungen

Weil mit der Programmoberfläche von DELPHIN noch keine 3D-Modelle dargestellt werden können, lassen sich die Zuordnungen, die im Editor vorgenommen worden sind, nicht visuell überprüfen. Auf Anfrage beim DELPHIN-Support kann die Beta-Version eines Datei-Konverters (DelphinConvertX3D) zur Verfügung gestellt werden. Dieser Konverter überführt die Geometrie und die Zuweisungen einer .d6p-Datei in eine .x3d-Datei, welche von verschiedenen (freien) Visualisierungsprogrammen geöffnet werden kann (z.B. Octaga). Dort lassen sich dann alle Zuordnungen überprüfen.

Nach der Installation befindet sich die Datei DelphinConvertX3D im Ordner C:\Program Files\IBK\DelphinConvertX3D und muss, wie die 3D-Diskretisierung (s. u.), mit der Windows-

Eingabeaufforderung gestartet werden. Öffnen Sie dazu die Windows-Kommandozeile, indem Sie das Fenster *Ausführen* per [Win + R] aufrufen und dort den Programmnamen "cmd" eingeben und die Eingabetaste drücken. Oder klicken Sie auf den *Start-Button* links unten, geben "cmd" ein und drücken die Eingabetaste.

Aus beliebigen Delphin-Projektdateien lassen sich durch folgende einfache Anweisung visualisierbare 3D-Dateien generieren:

```
D6pToX3d.exe Pfad_zur_Delphin-Datei\Dateiname.d6p Pfad_zur_Ausgabe-Datei\Dateiname.x3d
```

Der Pfad- und Dateiname müssen gegebenenfalls in Gänsefüßchen gesetzt werden, wenn sich ein Leerzeichen im Pfad- oder Projektnamen befindet. Die generierte Datei lässt sich in einem Editor öffnen. Am Beginn der Datei wird erläutert, wie sich die Farbe oder Transparenz jedes Materials oder jeder Randbedingung verändert werden kann.

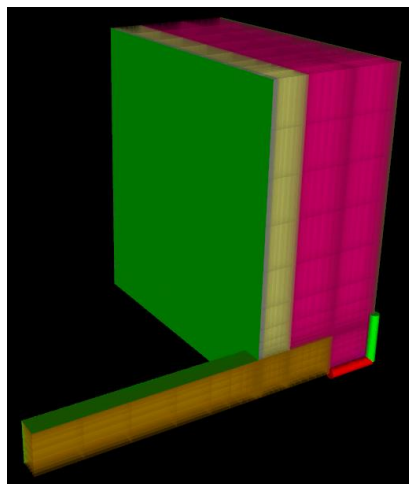


Bild 20 Screenshot aus der Software Octaga: Detail mit Diskretisierung; unten rechts im Detail die Koordinatenachsen aus dem Programm Octaga

## 2 Diskretisierung

Die Diskretisierung einer 3D-Datei ist derzeit nur „von Hand“ möglich und zwar mit Hilfe der Datei „CmdDiscretise.exe“, die sich im Installationsordner von DELPHIN befindet (üblicherweise in C:\Program Files\IBK\Delphin 6.1, bitte überprüfen!). Die Datei CmdDiscretise muss mit der Windows-Eingabeaufforderung gestartet werden (s. voriges Kapitel). Wenn Sie die Zeile

```
„C:\Program Files\IBK\Delphin 6.1\CmdDiscretise.exe“ --help
```

in die Kommandozeile einfügen, erscheinen alle Befehle zur Steuerung des Programms sowie Angaben zur Syntax. Beim Kopieren obiger Zeile kann es sein, dass die Eingabeaufforderung die kopierten Gänsefüßchen nicht erkennt und eine Fehlermeldung ausgibt. In diesem Fall löschen Sie die beiden Gänsefüßchen und schreiben Sie sie noch einmal in die Zeile. Gegebenenfalls legen Sie vor der Diskretisierung eine Sicherheitskopie der Datei an. Mit der Zeile

```
„C:\Program Files\IBK\Delphin 6.1\CmdDiscretise.exe“ -l=1.7 Pfad_zum_Projekt\Projektname.d6p
```

führen Sie eine Diskretisierung Ihres Projektes mit sinnvollen Parametern aus. Die Option „-l=1.7“ legt einen Skalierungsfaktor von 1.7 für die Diskretisierung fest. Mit weiteren Optionen können Sie auf die Diskretisierung Einfluss nehmen, z.B. bewirkt  $-y=0.005$ , dass das kleinste, diskretisierte Element in y-

Richtung 5 mm betragen wird. Sollten Sie Leerzeichen im Projektpfad oder Projektnamen haben, kann das hier zu Problemen führen, verwenden Sie dann hier auch Gänsefüßchen oder löschen Sie die Leerzeichen.

### 3 Simulation

Nachdem Sie auf die beschriebene Weise eine diskretisierte Datei erzeugt haben, können Sie diese wie üblich mit DELPHIN öffnen und die Simulation starten. Es wird allerdings nur die xy-Ebene zu sehen sein. Für die Berechnung von Simulationen stehen in DELPHIN eine Vielzahl von Solvern zur Verfügung. Bei 3D-Simulationen sollten die entsprechenden Solver durch den User festgelegt werden. Klicken Sie deshalb in DELPHIN in der Mitte des linken Randes auf die Simulationsansicht und wählen den Reiter „Performance-Einstellungen“ aus.

Stellen Sie dort bei „Löser für lineares Gleichungssystem“ BiCGStab (oder GMRES) ein. Bei „Vorkonditionierer“ ist anschließend ILU auszuwählen.

3D-Projekte können schnell hunderttausend oder eine Million Elemente übersteigen. Für solche Fälle ist es ratsam, viele Prozessoren zu verwenden. Bei bisherigen Testreihen erwies es sich als hilfreich, bis zu 24 Prozessoren zu verwenden. Zukünftig soll es Usern ermöglicht werden, einen speziellen Rechnerserver an der TU Dresden für aufwändigere Simulationen zu verwenden.

### 4 Auswertung

Eindimensionale Diagramme und zweidimensionale Felder können wie gehabt durch den DELPHIN-Post-Prozessor 2.2 erstellt und bearbeitet werden. Eine Online-Hilfe lässt sich aus dem Post-Prozessor heraus aufrufen. Die Abbildung dreidimensionaler Ergebnisfelder ist mit Programmen wie *Tecplot* möglich. Die Datei *DSixOutputConverter.exe* im DELPHIN-Programmordner erzeugt aus DELPHIN-Ausgaben Dateien, die von *Tecplot* verarbeitet werden können. Auch hier lässt sich mit „*DSixOutputConverter.exe --help*“ auf der Kommandozeilenebene eine knapp gefasste Hilfe aufrufen.