Anpassung des Umgebungsklimas bei DELPHIN 6.1

Heiko Fechner

Inhaltsverzeichnis

1. Überblick **1**
2. Oberflächen und Randbedingungen **1**
3. Anpassung der Klimadaten **2**
3.1. Vom einfachen zum detaillierten Modell 3
3.2. Extraktion der Klimadaten 7
3.3. Erzeugen und Anwenden neuer Klimabedingungen 10
3.4. Datenverschiebung bei den Klimadaten 13

1. Überblick

Bei Bemessungen von Konstruktionen werden manchmal die Klimadaten im Sinne für Feuchteberechnungen extreme Werte angepasst. Eine Möglichkeit ist dabei die Verschiebung der Daten um einen konstanten Wert. Als Beispiel dazu kann der BS5250 (Britsh Standard) dienen. Die folgende Tabelle zeigt mögliche Verschiebungen:

Table 7 — *Corrections to monthly mean temperatures and relative humidities to create condensation risk years with various return periods*

Return period	Temperature °C	Relative humidity %
1 in 5	−1	2
1 in 10	−1	4
1 in 20	−2	4
1 in 50	−4	6

128 © THE BRITISH STANDARDS INSTITUTION 2021 – ALL RIGHTS RESERVED

Abbildung 1. BS 5250

Dies lässte sich in DELPHIN umsetzen indem man separate Klimabedingungen verwendet. Die folgende Beschreibung soll den Ablauf verdeutlichen und wie man eine Standardprojekt mit vereinfachten Oberflächen ändern muss.

2. Oberflächen und Randbedingungen

Bei hygrothermischen Simulationen benötigt man Randbedingungen. Diese beschreiben wie die Ströme über die Ränder der Konstruktion berechnet werden. In DELPHIN gibt es folgende Arten von Randbedingungen:

- Wärmeübergang
- Dampfdiffusion
- kurzweillige Solarstrahlung
- langwelliger Strahlungsaustausch
- Schlagregen
- Wasserkontakt
- Luftströmung

Diese Randbedingungen können wiederum verschiedene Modelle zur Berechnung der Randströme verwenden. Diese Modelle benötigen dann auch weitere Parameter sowie Klimadaten. Diese Randbedingungen wiederum werden Oberflächen zugeordnet, welche dann

der Konstruktion zugewiesen werden können. Es gibt zwei Arten von Oberflächen:

- vereinfachtes Modell
- detailliertes Modell

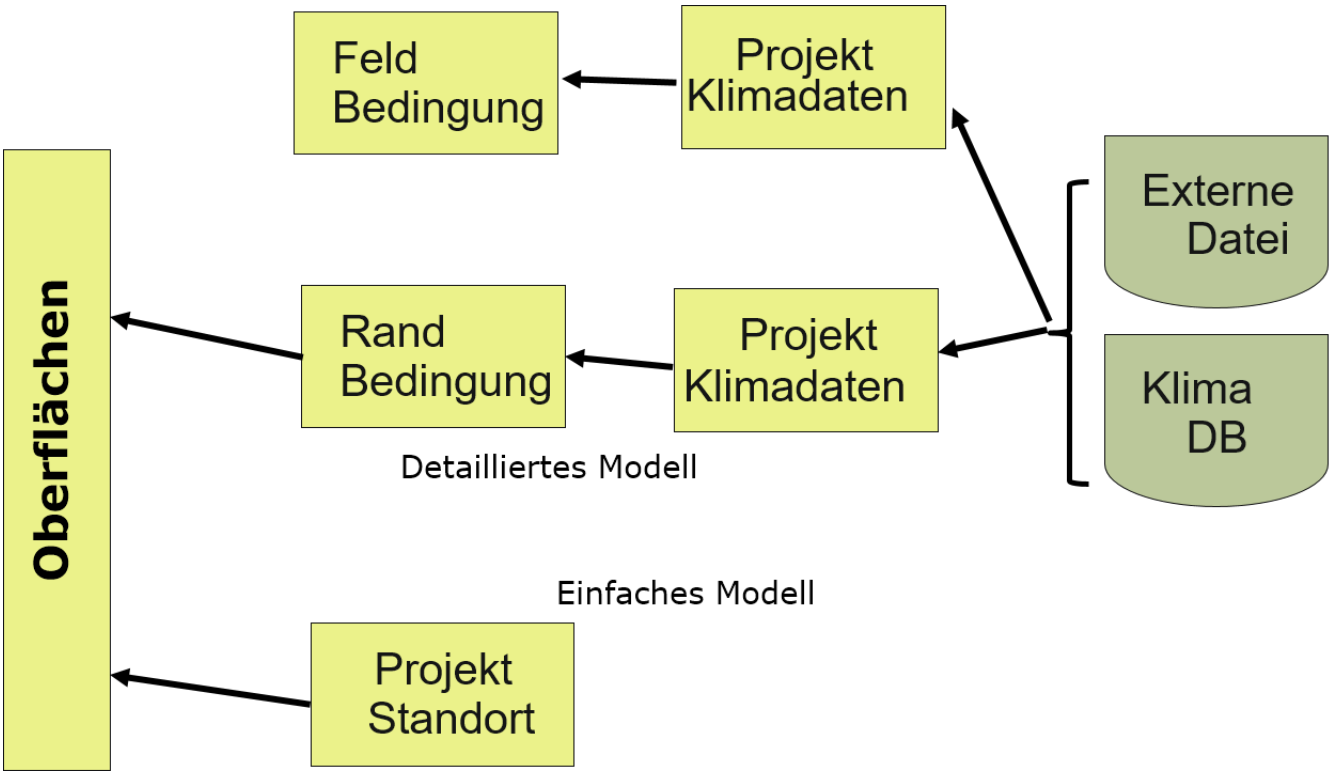


Abbildung 2. Schema der Oberflächenmodelle

Beim einfachen Modell können nur bestimmte, häufig verwendete, Arten von Randbedingungen genutzt werden. Die Modelle sind dabei festgelegt und die Parameter werden direkt von der Oberfläche definiert. Weiterhin sind die Klimadaten so fixiert, dass entweder das Umgebungsklima oder festgelegte Innenklimamodelle verwendet werden. Dieses Modell ist einfach und schnell zu nutzen.

Das detaillierte Modell erlaubt die Anwendung aller Arten von Randbedingungen mit allen Modellen und eigenen Klimadatensätzen. Hier fungiert die Oberfläche nur als Container für die Randbedingungen. Alle weiteren Einstellungen werden dort vorgenommen. Die Nutzung des detaillierten Modells ist komplexer, erlaubt aber viel mehr Einstellmöglichkeiten. Außerdem ist die Verwendung der Randbedingungen für Wasserkontakt und Luftströmung möglich. Dieses Modell muss auch verwendet werden um angepasste Klimadaten zu verwenden. Das folgende Kapitel erläutert den Ablauf.

3. Anpassung der Klimadaten

3.1. Vom einfachen zum detaillierten Modell

Als Basis dient hier eine einfache 1D Konstruktion welche mit dem Assistenten für neue Projekte erstellt werden kann (siehe auch Tutorial 1). Hier wird das vereinfachte Modell für die Oberflächen verwendet. Z.B. gibt es bei einer einfachen 1D Komnstruktion nur zwei Oberflächen für Innen und Außen. Die folgenden Bilder zeigen die Oberflächenliste und die Einstellungen für die Außenoberfläche.

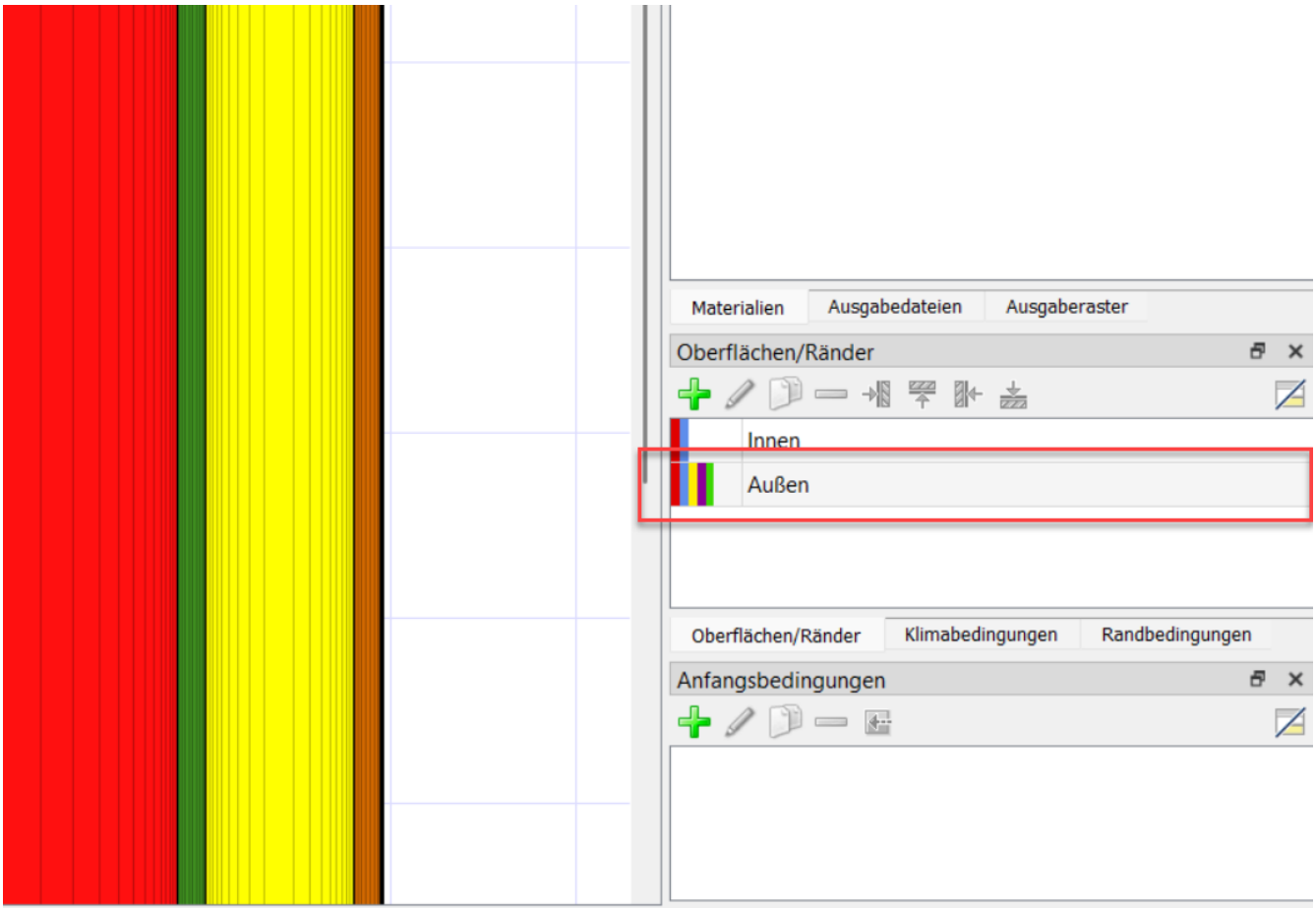


Abbildung 3. Liste der Oberflächen in einem 1D DELPHIN Projekt

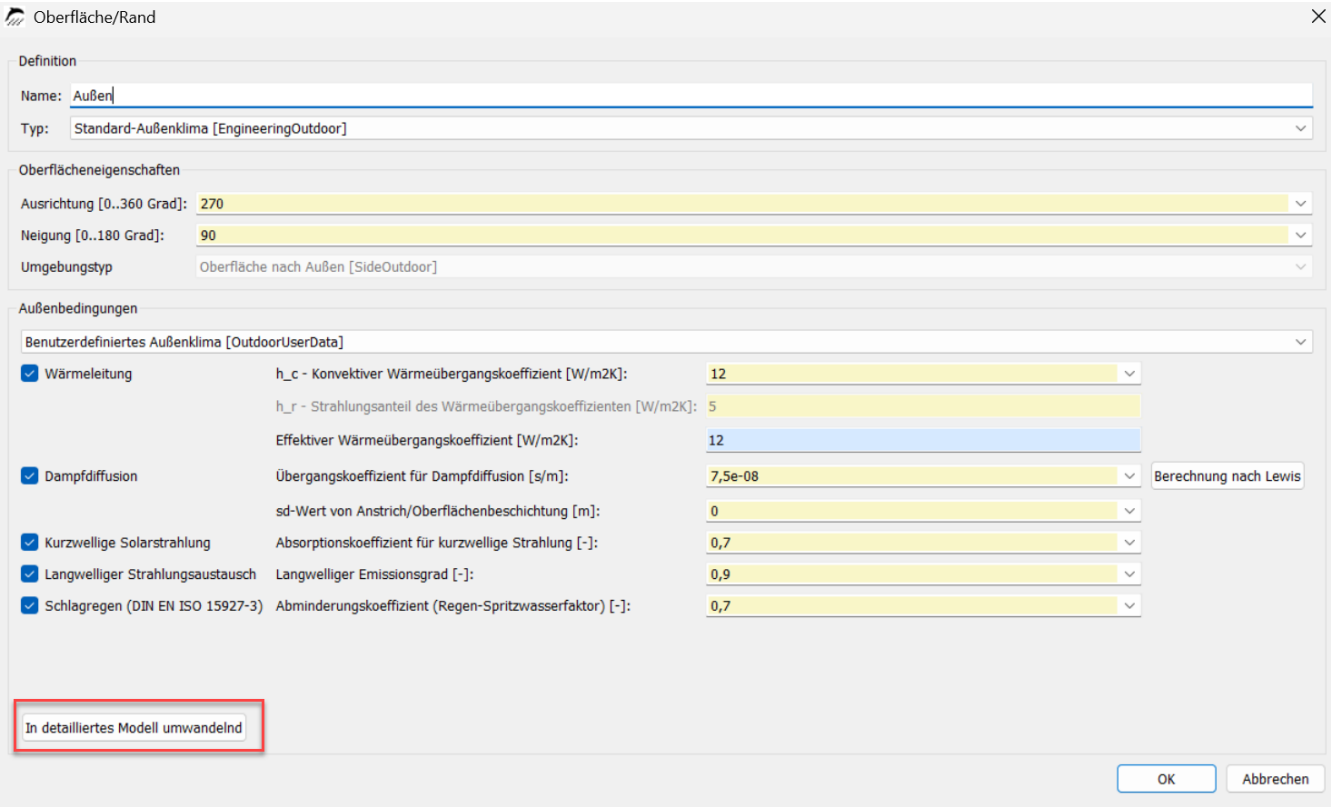


Abbildung 4. Standardoberfläche für Außen

Das letzte Bild zeigt die standardmäßig verwendete Oberfläche für Außen. Nur Ausrichtung und Neigung sind Parameter der Oberfläche selbst. Alle anderen Parameter steuern die verwendeten Randbedingungen. Als Klima wird das Standortklima des Projektes verwendet.

Wenn man jetzt die im Überblick erwähnte Datenverschiebung durchführen möchte, muss man zuerst auf das detaillierte Modell umschalten. Das kann durch Klick auf die oben rot markierte Schaltfläche 'In detailliertes Modell umwandel' erreicht werden. Nach dem Klick verändert sich der Oberflächendialog und es erscheint eine Hinweisbox die darstellt, dass nun alle notwendigen Rand- und Klimabedingungen erzeugt wurden. Der Dialog wird danach automatisch geschlossen. Ein erneuter Doppelklick auf die Oberfläche 'Außen' öffnet erneut diesen Dialog.

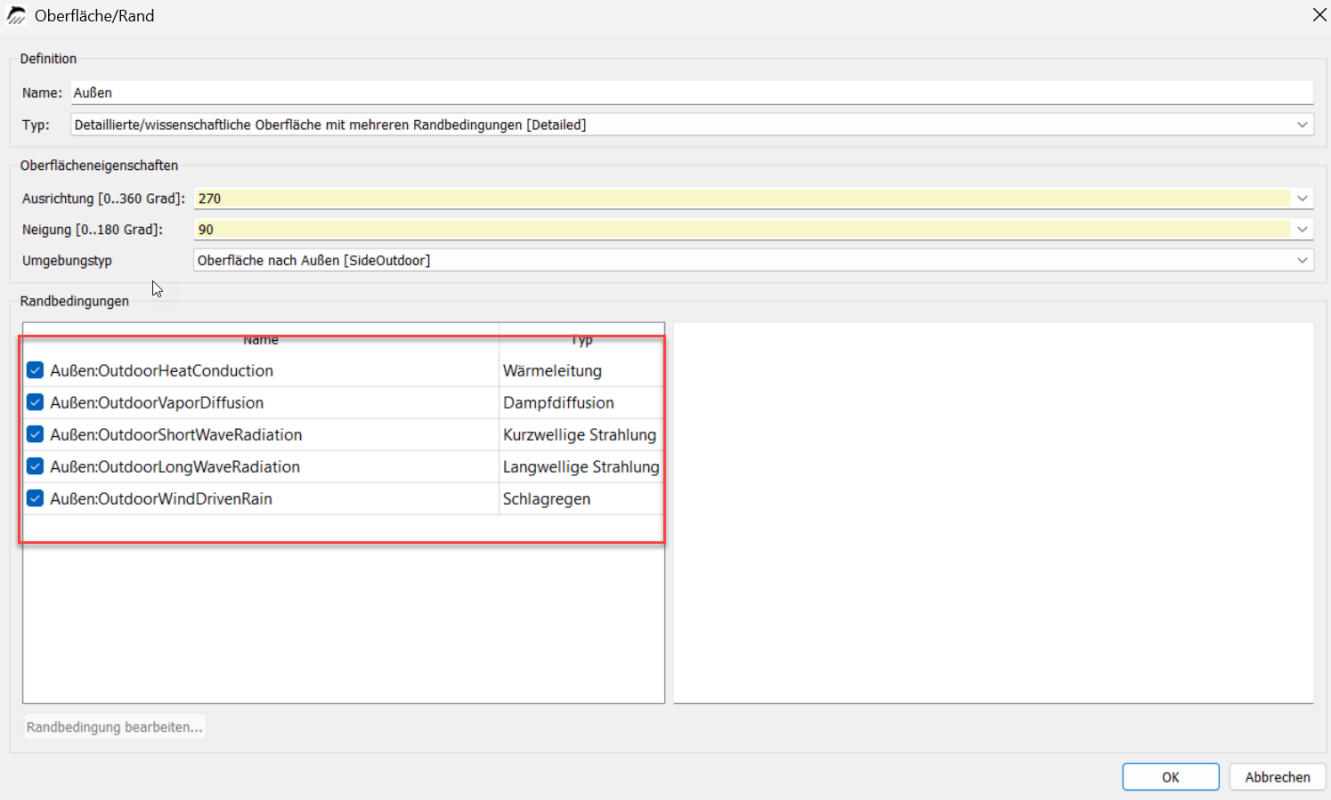


Abbildung 5. Oberfläche für Außen detailliert

Im detaillierten Modus sieht man nur noch die Eigenschaften der Oberfläche selbst und eine Liste der verwendeten Randbedingungen. Durch Doppelklick auf eine dieser Bedinguneg öffnet sich deren Dialog.

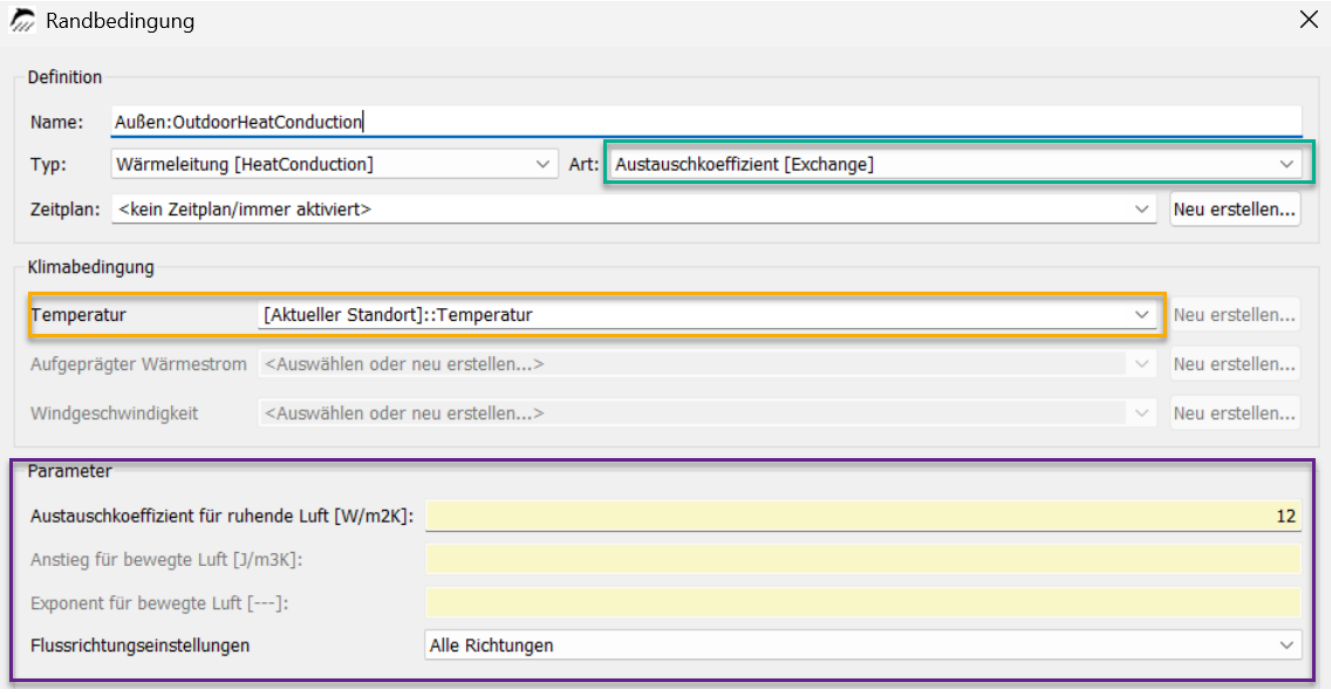


Abbildung 6. Randbedingung für die Wärmeleitung Außen

Im Bild oben ist die Randbedingung für den Wärmetransport über die Außenoberfläche

dargestellt. Als Modell ist 'Austauschkoeffizient' (grüne Markierung) gewählt, welches das am Häufigsten verwendte Modell in der Bauphysik ist. Es gibt nur einen Parameter, den Übergangskoeffizienten (Austauschkoeffizient für ruhende Luft, Violett markiert). Als Klima wird aktuell auch wieder das Standortklima verwendet (Gelb markiert). Im Gegensatz zum einfachen Modell erfolgt die Verknüpfung aber durch die Wahl einer Klimabedingung. Diese kann auch geändert werden. Leider lassen sich in der aktuellen DELPHIN Version (bis 6.1.7) die Standortdaten nicht direkt weiterverabeiten. Wir müssen zunächst die Datensätze für Temperatur und relative Luftfeuchte herauslösen und als Einzeldateien speichern. Man kann da eine Tabellenkalkulation wie Excel verwenden. Zuerst müssen die Standortdaten dort hin kopiert werden. Dazu öffnet man zuerst die Klimadatenansicht in DELPHIN (rote Markierung) und klickt dann auf die Tabellenansicht (grüne Markierung).

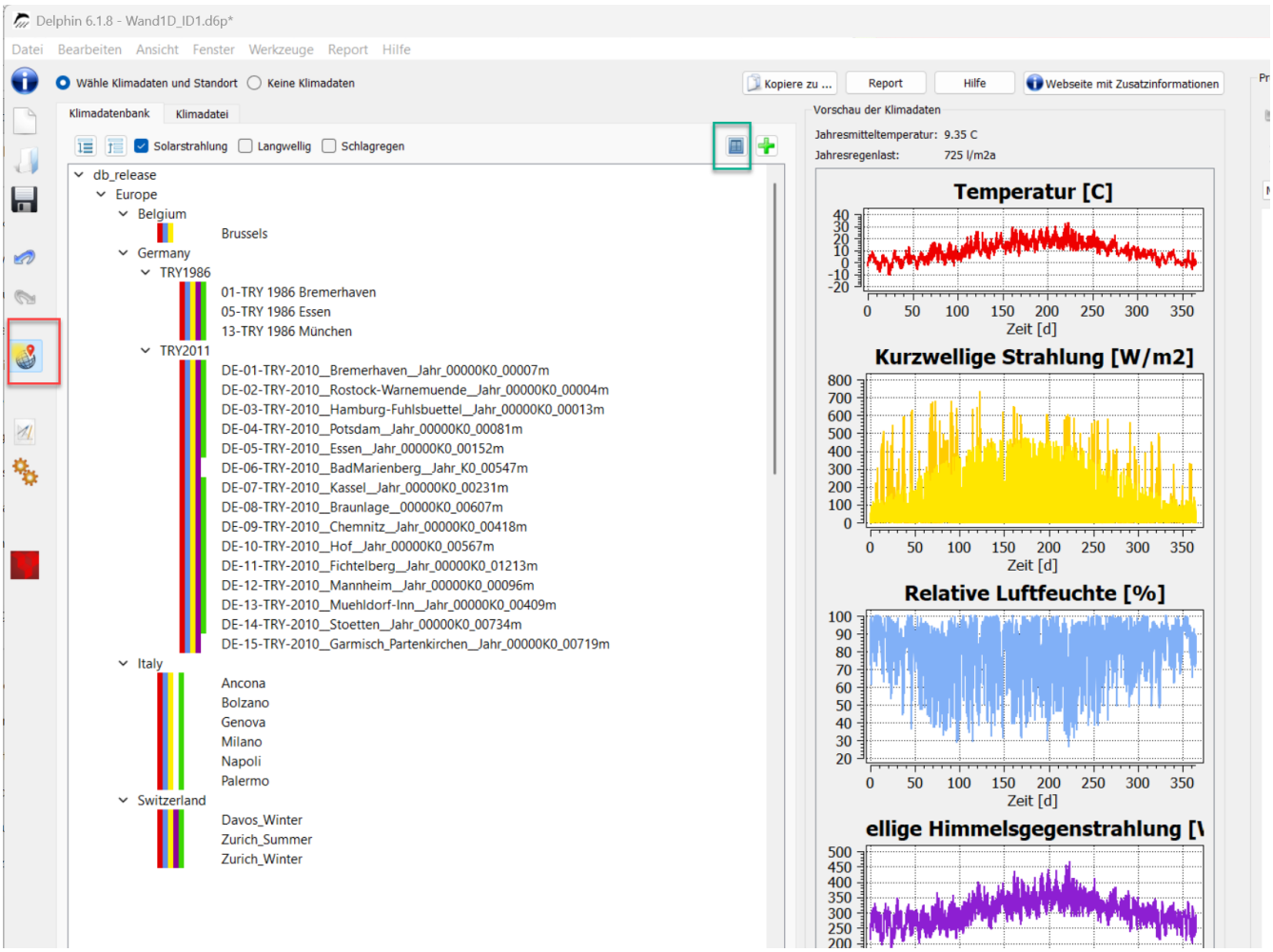


Abbildung 7. Klimadatenansicht in DELPHIN

Dann öffnet sich eine Tabelle mit allen Klimadaten.

Klimadatentabelle DE: Kassel |EN: Kassel

Datum/Zeit	Temperatur [C]	Relative Luftfeuchte [%]	Direkte Normalstrahlung [W/m2]	Diffuse Horizontalstrahlung [W/m2]	Windrichtung
01.01.2000 1:00:00	-2,70	98,00	0,00	0,00	
01.01.2000 2:00:00	-3,30	96,00	0,00	0,00	
01.01.2000 3:00:00	-3,80	93,00	0,00	0,00	
01.01.2000 4:00:00	-3,50	90,00	0,00	0,00	
01.01.2000 5:00:00	-3,20	90,00	0,00	0,00	
01.01.2000 6:00:00	-3,00	88,00	0,00	0,00	
01.01.2000 7:00:00	-2,20	85,00	0,00	0,00	
01.01.2000 8:00:00	-1,90	84,00	0,00	0,00	
01.01.2000 9:00:00	-1,00	77,00	18,80	5,00	
01.01.2000 10:00:00	-0,40	72,00	0,00	28,00	
01.01.2000 11:00:00	-0,30	77,00	0,00	49,00	
01.01.2000 12:00:00	0,40	74,00	0,00	60,00	
01.01.2000 13:00:00	0,90	67,00	60,75	96,00	

Abbildung 8. Tabelle der Klimadaten

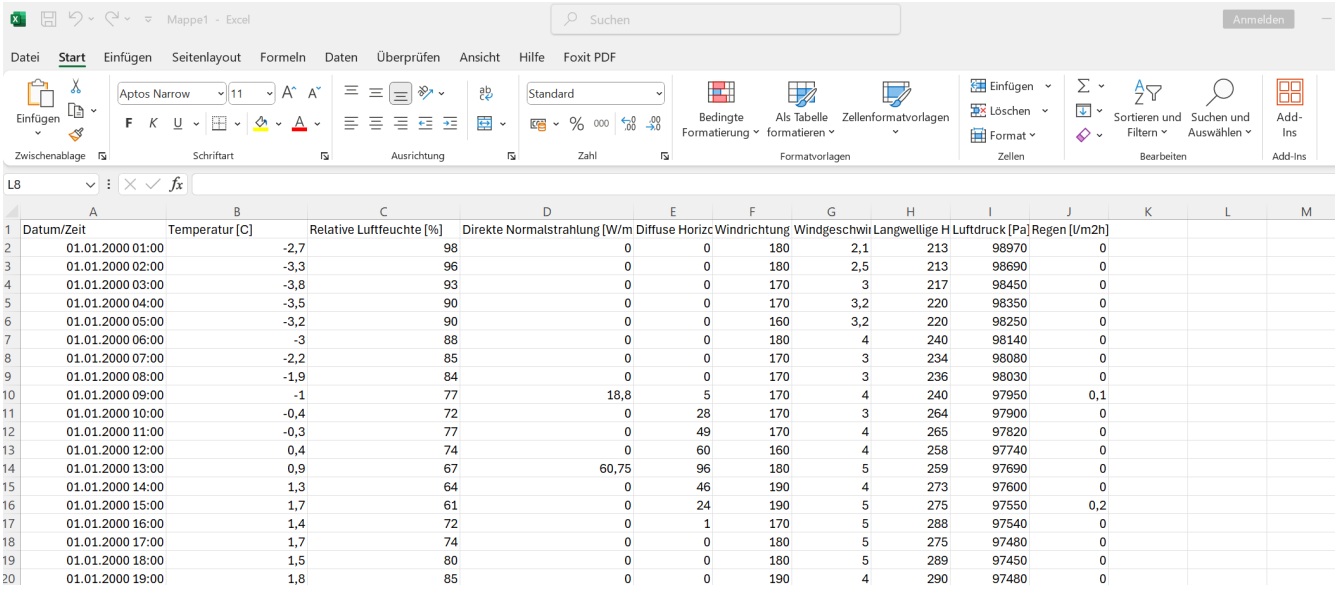
3.2. Extraktion der Klimadaten

Durch Klick auf die Schaltfläche links oben in der Tabellenansicht kann man alle Daten in die Zwischenablage kopieren. Dann fügt man diese Daten in eine Tabellenkalkulation ein. Von dort aus kann man die Daten als Einzeldatensätze wieder exportieren. DELPHIN kann zwei verschiedene Formate lesen, ccd und tsv. Beide Formate sind im Tutorial für die Klimadaten näher erläutert. Hier soll das tsv-Format verwendet werden. Die Endung tsv steht dabei für 'Tabulator separated values'. Den grundlegenden Aufbau sieht man hier.

```
Zeit [d] Temperatur [C]
0 -2
0.2 -4
0.5 4
1 -1
1.4 -4
.
.
```

In der Kopfzeile sind der Wert und dahinter, mit einem Leerzeichen getrennt und in eckige Klammern gesetzt, die Einheit beschrieben. Die erste Spalte muss die Zeit sein. Diese kann nur als Einzelwert und nicht im Datumsformat angegeben werden. Nach der Einheit folgt ein Tabulator und die Beschreibung der ersten Datenspalte. Es kann beliebig viele Datenspalten geben. Darunter folgen dann die Daten mit einem Tabulator getrennt. Als Dezimalseparator muss ein Punkt verwendet werden. Nach dem Kopieren der Standortklimadaten nach Excel

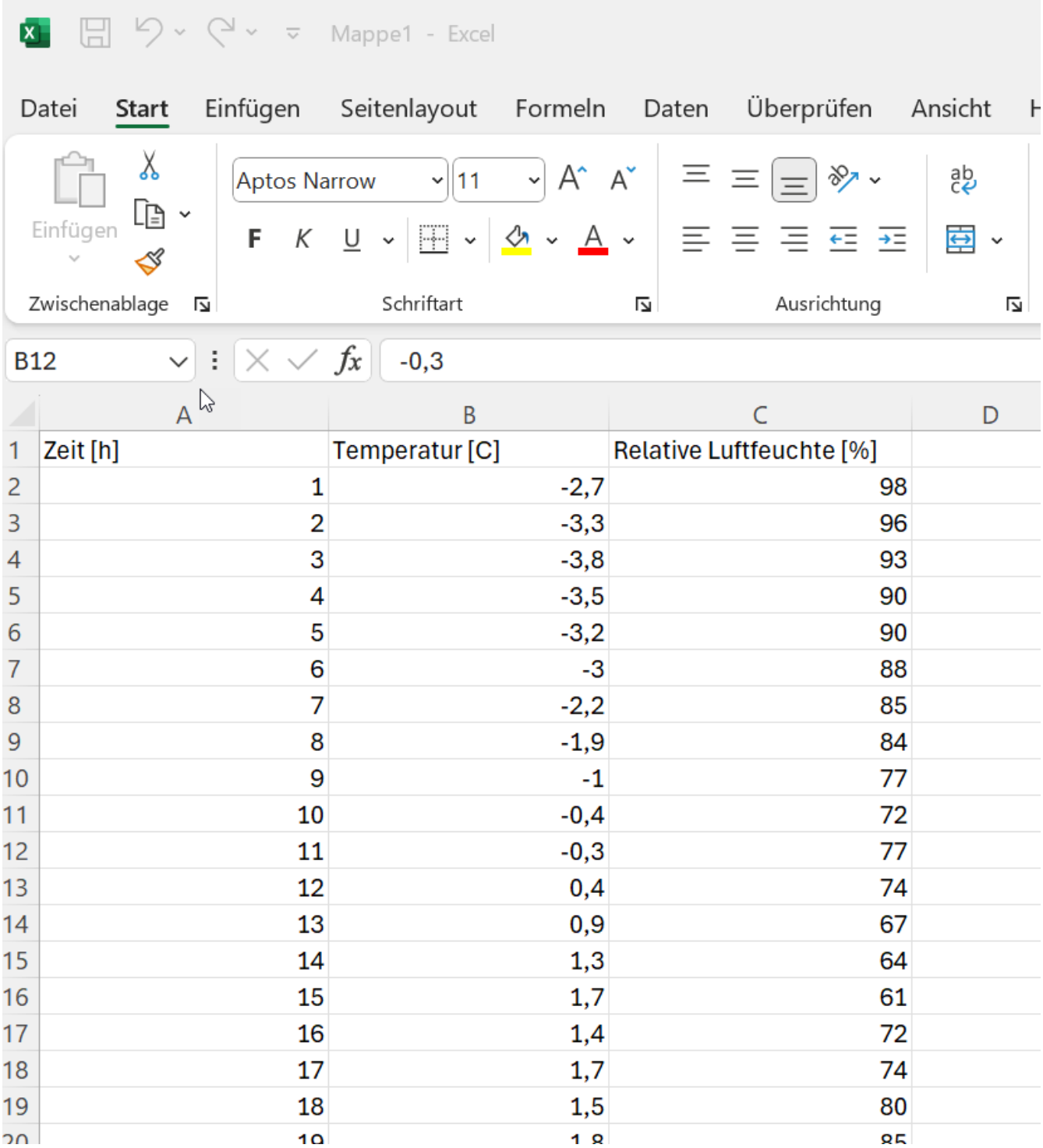
sieht man folgende Tabelle:



Datum/Zeit	Temperatur [C]	Relative Luftfeuchte [%]	Direkte Normalstrahlung [W/m	Diffuse Horizc	Windrichtung	Windgeschwir	Langwellige H	Luftdruck [Pa]	Regen [l/m2h]
01.01.2000 01:00	-2,7	98	0	0	180	2,1	213	98970	0
01.01.2000 02:00	-3,3	96	0	0	180	2,5	213	98690	0
01.01.2000 03:00	-3,8	93	0	0	170	3	217	98450	0
01.01.2000 04:00	-3,5	90	0	0	170	3,2	220	98350	0
01.01.2000 05:00	-3,2	90	0	0	160	3,2	220	98250	0
01.01.2000 06:00	-3	88	0	0	180	4	240	98140	0
01.01.2000 07:00	-2,2	85	0	0	170	3	234	98080	0
01.01.2000 08:00	-1,9	84	0	0	170	3	236	98030	0
01.01.2000 09:00	-1	77	18,8	5	170	4	240	97950	0,1
01.01.2000 10:00	-0,4	72	0	28	170	3	264	97900	0
01.01.2000 11:00	-0,3	77	0	49	170	4	265	97820	0
01.01.2000 12:00	0,4	74	0	60	160	4	258	97740	0
01.01.2000 13:00	0,9	67	60,75	96	180	5	259	97690	0
01.01.2000 14:00	1,3	64	0	46	190	4	273	97600	0
01.01.2000 15:00	1,7	61	0	24	190	5	275	97550	0,2
01.01.2000 16:00	1,4	72	0	1	170	5	288	97540	0
01.01.2000 17:00	1,7	74	0	0	180	5	275	97480	0
01.01.2000 18:00	1,5	80	0	0	180	5	289	97450	0
01.01.2000 19:00	1,8	85	0	0	190	4	290	97480	0

Abbildung 9. Standortklimadaten in Excel

Für die Anpassung beötigen wir nur die Temperatur und die relative Luftfeuchte. Da die Tabelle Stundenwerte darstellt biete sich die Einheit Stunden auch für die tsv-Datei an. Man muss also erst ein neues Arbeitsblatt erstellen und dann die Spalten 2 und 3 kopieren. Dann muss noch eine neue Zeitspalte eingefügt werden, welche die Zeit in Stunden, beginnend bei 1, enthält. Das Ergebnis sollte etwa so aussehen:



	A	B	C	D
1	Zeit [h]	Temperatur [C]	Relative Luftfeuchte [%]	
2	1	-2,7	98	
3	2	-3,3	96	
4	3	-3,8	93	
5	4	-3,5	90	
6	5	-3,2	90	
7	6	-3	88	
8	7	-2,2	85	
9	8	-1,9	84	
10	9	-1	77	
11	10	-0,4	72	
12	11	-0,3	77	
13	12	0,4	74	
14	13	0,9	67	
15	14	1,3	64	
16	15	1,7	61	
17	16	1,4	72	
18	17	1,7	74	
19	18	1,5	80	
20	19	1,8	85	

Abbildung 10. Neues Tabellenblatt in Excel mit kopierten Daten

Nun kann man das Tabellenblatt exportieren. Dabei wählt man als Format das Textformat mit Tabulatortrennung. Excel hängt beim Export meist automatisch noch die Endung .txt an den Dateinamen. Diese sollte man danach durch die Endung tsv ersetzen.

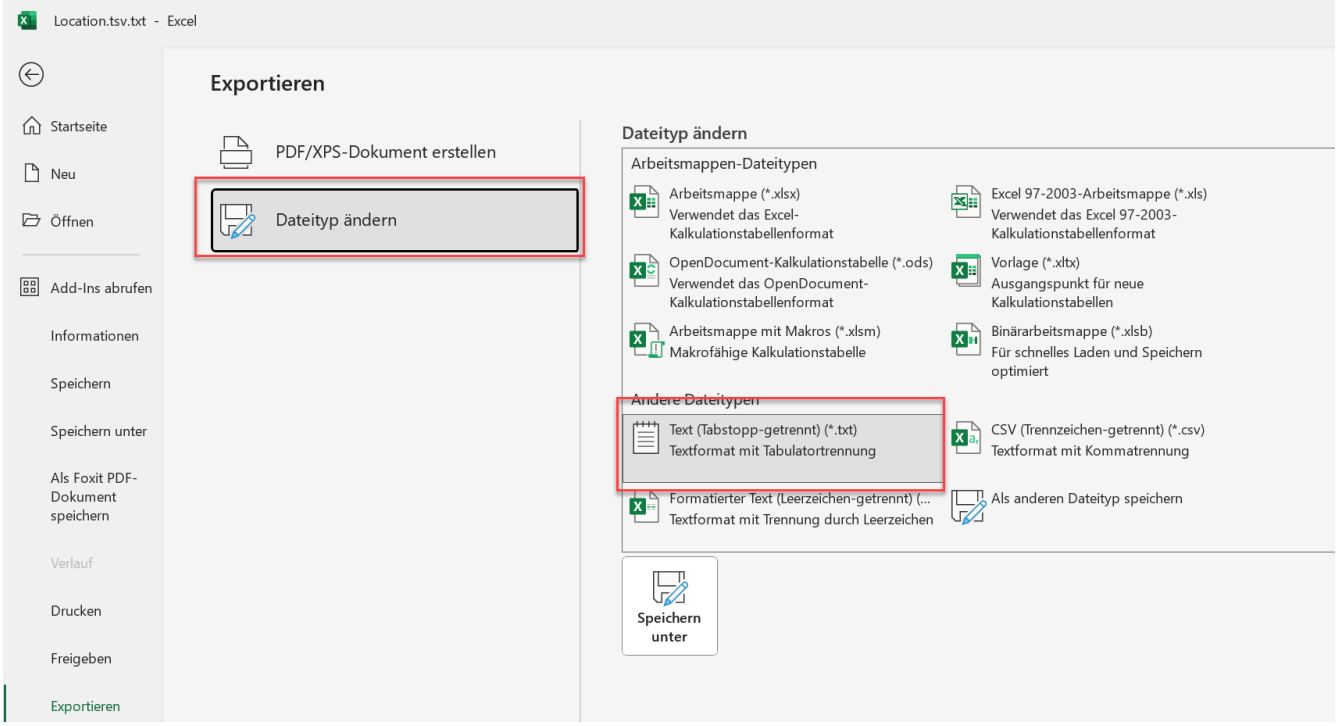


Abbildung 11. Exporteinstellungen in Excel (deutsch)

Das Ergebnis ist dann eine Textdatei im korrekten Format mit den normalen Standortdaten. Auf ähnliche Art kann man auch beliebige andere Daten für DELPHIN als Klimadaten bereitstellen. Jetzt geht man zurück zu Delphin und öffnet wieder die Oberfläche für Außen und dann die Randbedingung für die Wärmeübertragung.

3.3. Erzeugen und Anwenden neuer Klimabedingungen

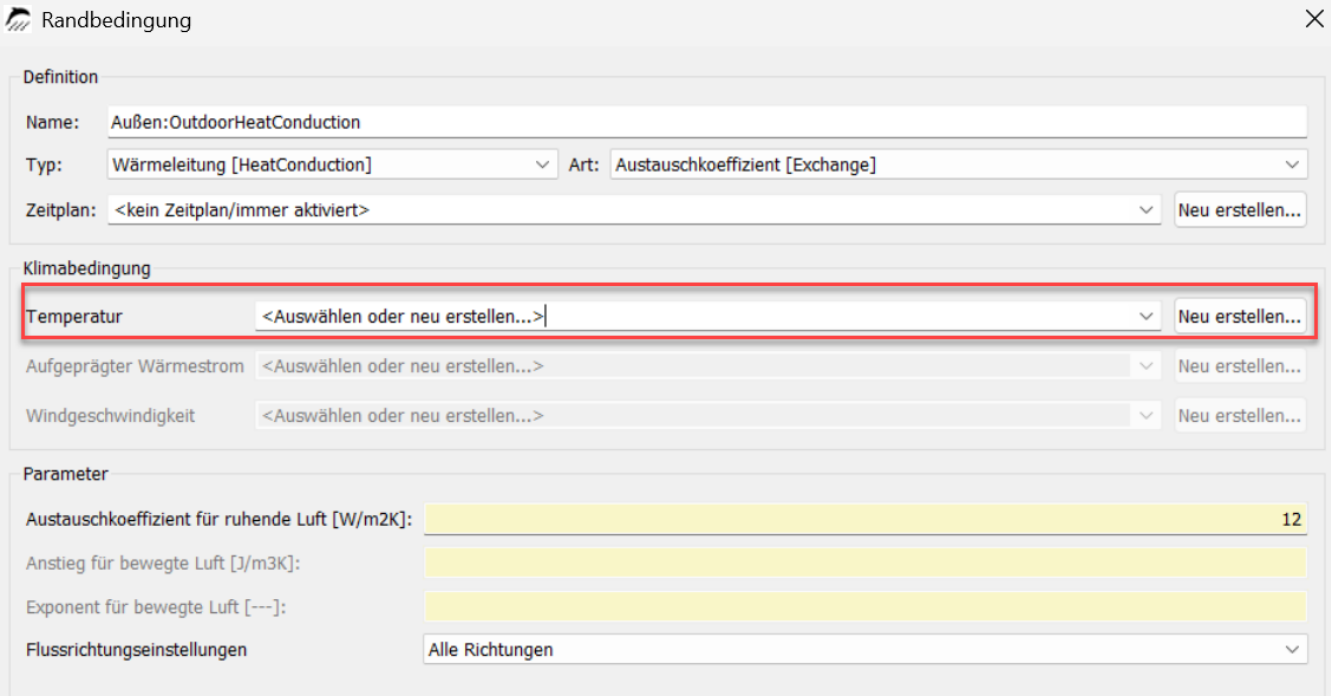


Abbildung 12. Randbedingung für den Wärmeübergang mit Auswahl für neues Klima

Wie im Bild oben zu sehen wählt man jetzt in der Klimaliste *<Auswählen oder neu erstellen>* aus. Dann drückt man auf die Schaltfläche für 'Neu erstellen' rechts daneben. Dadurch öffnet sich ein Dialog für eine neue Klimabedingung für Temperaturen.

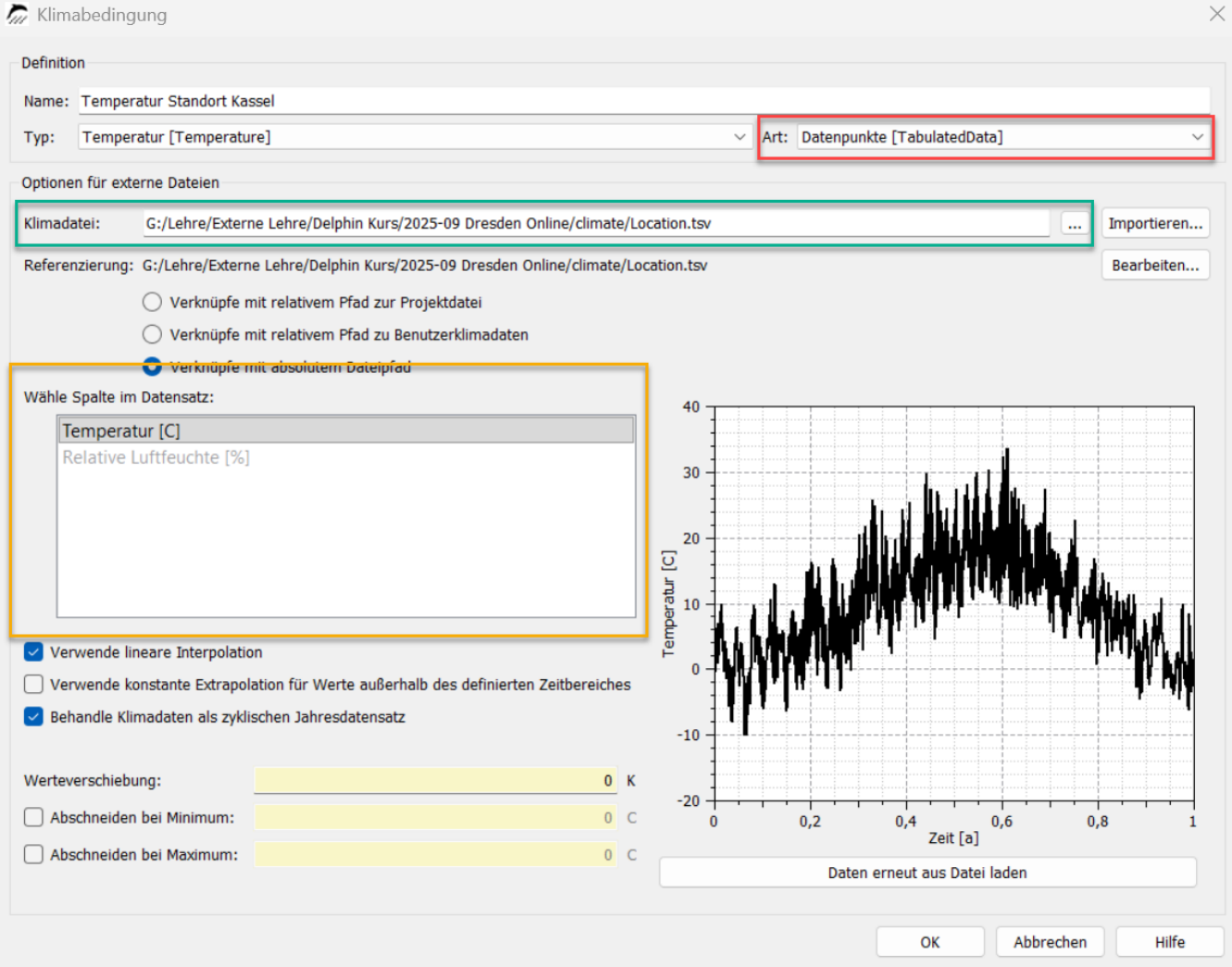


Abbildung 13. Dialog für Klimabedingung Temperatur

Diese Klimabedingung kann jetzt konfiguriert werden. Beim Typ ist 'Temperatur' festgelegt, weil das für diese Art des Wärmeübergangs die einzige zulässige Klimabedingung ist. Bei Art wählt man 'Datenpunkte' (rot). Das erlaubt das Einlesen der Daten von einer Datei. Im Bereich 'Klimadaten' (grün) kann man jetzt die eben erstellte Klimadatei auswählen. Da diese tsv-Datei Temperatur und Luftfeuchte enthält, muss im gelb umrandeten Bereich die Temperatur markiert sein. Dann kann man diesen Dialog schließen.

Dadurch kommt man wieder zurück zum Dialog für die Randbedingung 'Wärmeleitung' wo jetzt das neue Klima ausgewählt ist. Jetzt kann auch dieser Dialog erst einmal geschlossen werden. Im Weiteren muss noch die relative Luftfeuchte angepasst werden. Dazu kann man die Randbedingung für die Dampfdiffusion verwenden. Auch diese kann man von der Oberfläche aus über Doppelklick öffnen.

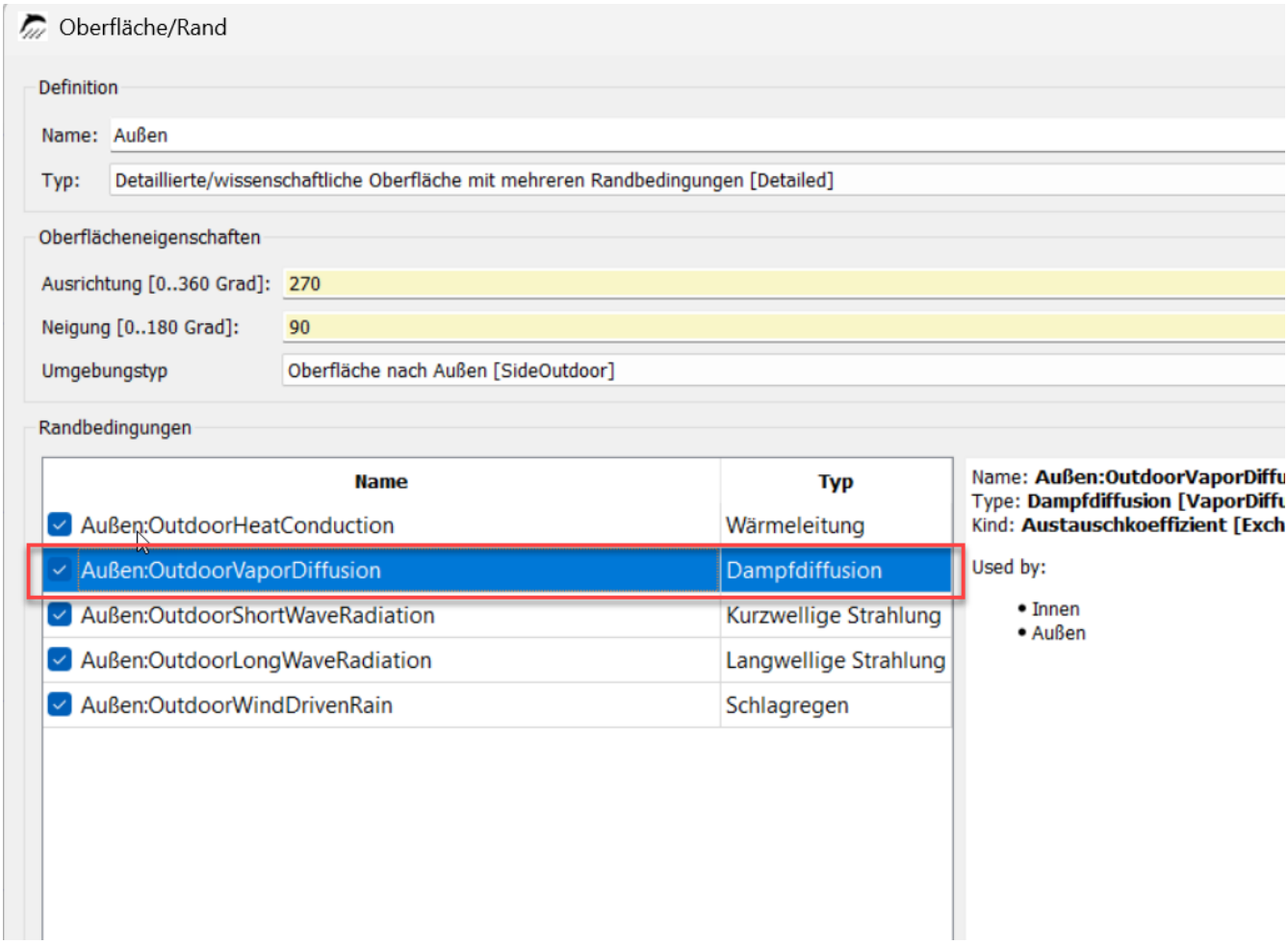


Abbildung 14. Oberfläche Außen mit markierter Randbedingung für Dampfdiffusion

Im nun erscheinenden Dialog gibt es jetzt zwei Klimabedingungen, Temperatur und relative Luftfeuchte, welche zur Berechnung des Dampfdrucks notwendig sind. Hier muss dann die Temperatur auf die bereits erstellte Klimabedingung umgestellt werden und für die relative Luftfeuchte eine Neue erstellt werden. Der Prozess ist der Gleiche wie bei der Temperatur. Das Ergebnis könnte dann so aussehen.

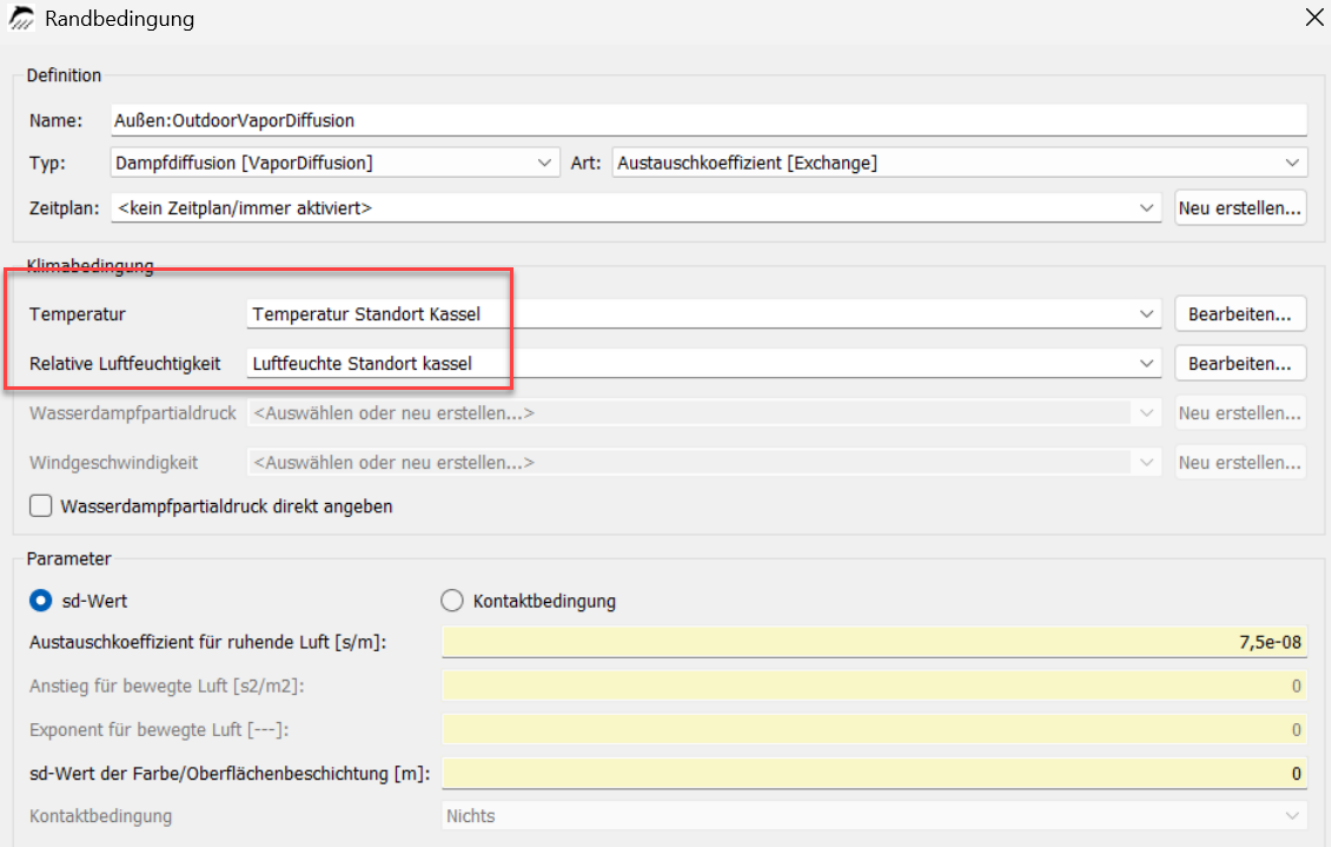


Abbildung 15. Randbedingung für die Dampfdiffusion mit neuen Klimabedingungen

Damit die Klimadaten konsistent verwendet werden, sollten noch die anderen Randbedingungen geprüft werden ob sie Temperatur oder Luftfeuchte verwenden. Bei diesem Beispiel trifft das noch auf den Schlagregen zu.

Damit sind die Bedingungen für die Anpassung geschaffen. Wenn man jetzt die Datenverschiebung wie am Anfang beschrieben umsetzen möchte muss man nur noch die Verschiebungswerte bei den Klimabedingungen eintragen.

3.4. Datenverschiebung bei den Klimadaten

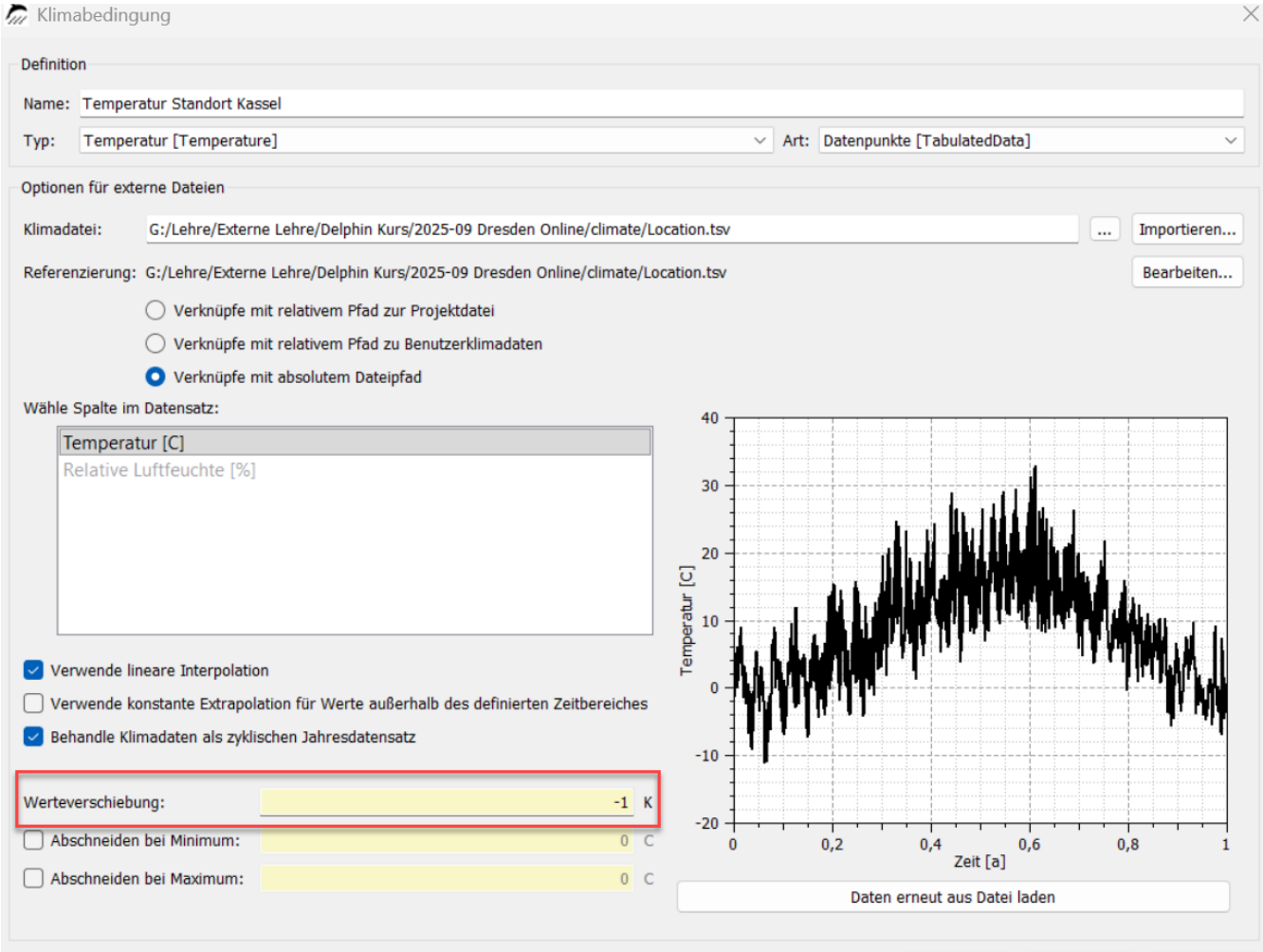


Abbildung 16. Klimabedingung mit Verschiebung um 1K nach unten

Analog kann dann auch noch die relative Luftfeuchte angepasst werden. Da diese Klimabedingungen in allen Randbedingungen verwendet werden, sind keine weiteren Anpassungen dort nötig.

Neben den Verschiebungen kann man auch noch die Daten nach oben und unten begrenzen wie im Bild oben zu sehen. Für Variantenanalysen kann es nützlich sein die verschiedenen Varianten der Klimabedingungen all im Projekt zu haben. Dazu kann man einfach eine Klimabedingung kopieren und dann Name und Parameter anpassen.

Damit ist der Ablauf der Datenverschiebung für Klimadaten abgeschlossen. Für komplexere Änderungen kann man eigene Klimadaten erstellen, anpassen und wie oben beschrieben verwenden. Der gesamte Ablauf soll in zukünftigen DELPHIN Versionen noch vereinfacht werden.