

L-EWTSim

Benutzerhandbuch und Einführung

Version 1.0

Stand 23.05.2013
Bearbeiter: Dr. M. Bruse

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Leistungsmerkmale der Software.....	5
1.2	Systemanforderungen.....	5
1.3	Aufbau dieses Handbuchs	5
2	Programminstallation	7
3	Überblick über das Programm	8
4	Arbeitsbereich Klimadaten	10
4.1	Gültigkeitsprüfung Klomadaten	11
4.2	Klimadaten editieren.....	11
4.3	Standortprofil bearbeiten	12
4.4	Fehlende Klimadaten erzeugen	16
5	Arbeitsbereich Erdwärmetauscher.....	17
5.1	Erdkanaleditor: Übersicht.....	17
5.2	Die Menüleiste	19
5.3	Der Erdkanal in Tabellenansicht	21
5.4	Der Erdkanal in der grafischen Ansicht.....	22
5.5	Generelle Vorgehensweise beim Editieren eines Kanals.....	22
5.6	Technische Daten des Erdkanals.....	25
6	Rohrdaten anzeigen/bearbeiten	27
7	Arbeitsbereich Modelloptionen	29
7.1	Modelloptionen Bodenfeuchte Modell	29
8	Ausgabeoptionen Modell	30
9	Arbeitsbereich Grafische Darstellung der Modelldaten.....	33
9.1	Die Menüleiste	33
9.2	Diagramm: Jahresverlauf im aktuellen Segment.....	34
9.3	Diagramm: Tagesverlauf im aktuellen Segment	35
9.4	Diagramm: Temperaturverlauf im Kanal	36

10	Simulationsrechnung starten	37
11	L- EWTSim in der Praxis	38
12	Formate und Inhalt der Eingabe- und Ausgabedateien	46

1 Einführung

Luft-Erdwärmetauscher (L-EWTs) basieren auf der Idee, die im Erdreich gespeicherte Wärme bzw. Kühle zur Vorerwärmung bzw. Kühlung der Raumluft zu verwenden und so den benötigten Energiebedarf einer Klimaanlage zu senken oder auf eine Klimaanlage komplett verzichten zu können.

Dieses Handbuch richtet sich an Anwender, die bereits Grundlagenwissen im Bereich der L-EWT besitzen. Die hier vorgestellte Software, L-EWTSim, ermöglicht die Abschätzung des Wärme- und Kühlertrages eines L-ETW Systems unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Die Software basiert auf einer dynamischen numerischen Simulation der thermodynamischen Vorgänge sowohl im Kanal als auch im Erdreich, ist also ein äußerst komplexes System.

Dies schlägt sich nicht nur in der Anzahl der vom Anwender festzulegenden Parametern und der erforderlichen Rechenzeit nieder, sondern auch in der Tatsache, dass dieses Programm unsinnige Ergebnisse produzieren kann.

Zwar wurde bei der Programmentwicklung ein großes Augenmerk auf die Kontrolle der vom Anwender vorgegebenen Daten gelegt, aber in einem dynamischen nicht-linearen Rechenmodell ist es unmöglich, alle Parameterkonstellationen, die zu Problemen führen können, abzufangen. Es liegt somit in der Verantwortung des Anwenders, die erzielten Ergebnisse kritisch auf Plausibilität zu prüfen.

L-EWTSim ist also keine Software, die dafür geeignet ist, innerhalb weniger Minuten einen Überblick über die ungefähre Leistung eines L-ETW Systems zu erlangen. Hierfür wurde im Rahmen der Forschungstätigkeit für die AG Solar NRW das Modell GAEA entwickelt.

Die Aufgabe von L-EWTSim ist die Simulation **komplexer** L-EWT Systeme, wie sie zumeist in Bürogebäuden, seltner in Privatgebäuden, geplant werden.

1.1 Leistungsmerkmale der Software

Da L-EWTSim auf einem dynamischen Rechenmodell basiert, bietet die Software eine Reihe von Berechnungsoptionen, die sie von anderen, einfacheren Programmen unterscheidet. Hierzu zählen:

- Simulation wechselnder Lastzustände im L-EWT Betrieb (Nacht- u. Wochenendbetrieb)
- Berücksichtigung realer Messdaten für das Außenklima (z.B. Simulation extremer Wetterlagen)
- Simulation der Bodenfeuchte
- Simulation von Rohrregistern unter Berücksichtigung der gegenseitigen Wechselwirkungen
- Berechnung von langfristigen Effekten (Phasenverschiebungen im Erdreich durch den L-EWT Betrieb)

1.2 Systemanforderungen

L-EWTSim benötigt folgende minimale Systemkonfiguration, um zufrieden stellend zu laufen:

- System PENTIUM/AMD mit 500 MHz
- 128 MByte Arbeitsspeicher
- 30 MByte Festplattenspeicher
- WINDOWS 98, ME oder NT 4.0/ WIN 2000

1.3 Aufbau dieses Handbuchs

Das Benutzerhandbuch gliedert sich in zwei Teile:

Der **Referenzteil** beschreibt die Software mit den unterschiedlichen Eingabemasken und dient als Nachschlagewerk, während der **Praxisteil** anhand eines Beispiels das typische Vorgehen bei der Verwendung des Programms beschreibt.

Dieses Benutzerhandbuch dient nicht als technische Dokumentation der verwendeten Gleichungen und numerischen Verfahren. Diese finden Sie in dem Dokument „*Grundlagen Finite Differenzen Modell L-ETWSim*“

Programmreferenz

2 Programminstallation

Sie installieren LEWT-Sim auf ihrem Rechner, indem Sie das Programm SETUP.EXE starten.

Das Installationsprogramm kopiert nun die Programmdateien auf ihren Rechner und legt eine neue Gruppe im START Menü von WINDOWS an.

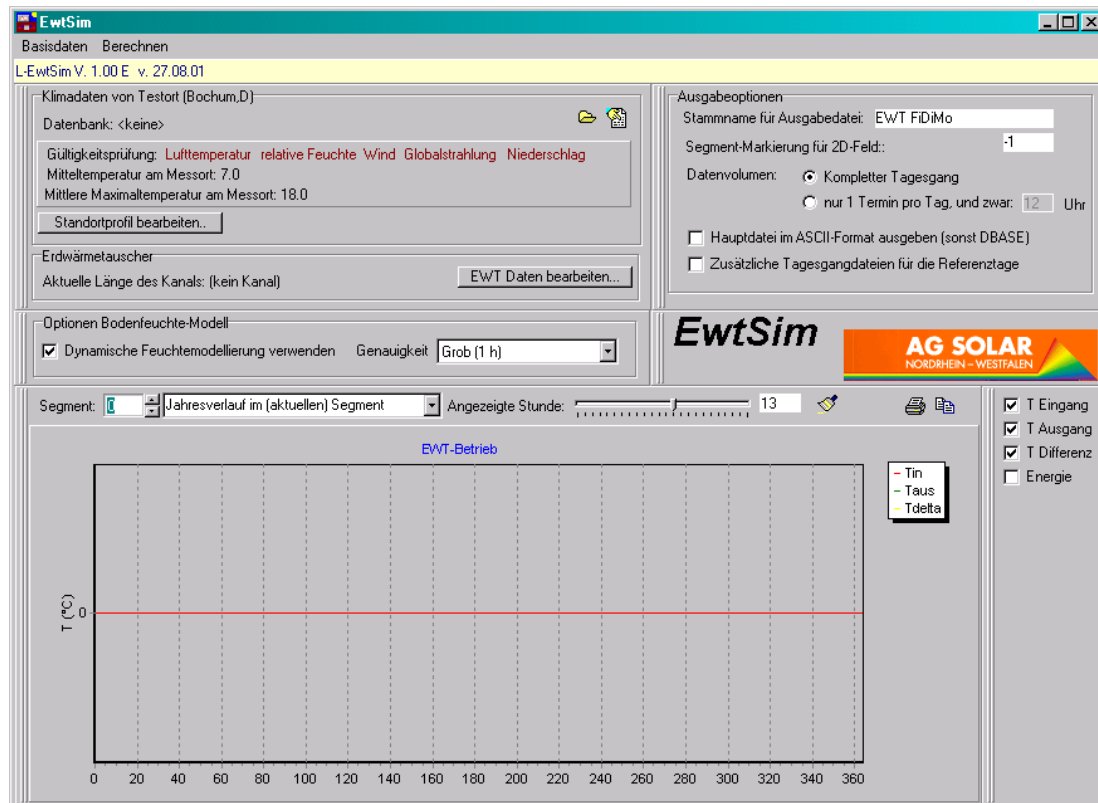
Wichtig: Wahrscheinlich müssen einige Ergänzungen im Bereich der Datenbanktreiber (ODBC) ihres Systems vorgenommen werden. Wenn Sie WINDOWS XP oder 2000 verwenden, müssen Sie **Administratorrechte** auf ihrem Rechner besitzen, um diese Änderungen durchführen zu können.

L-EWTSim kann nicht prüfen, ob sie zum Zeitpunkt der Installation diese Rechte hatten und ob alle Komponenten aktualisiert wurden. Wenn L-EWTSim nicht zufriedenstellend arbeitet oder Sie nicht wissen, wie Sie als Administrator an ihrem Rechner arbeiten, sollten Sie das Programm von dem zuständigen EDV-Personal installieren lassen.

Nach Abschluss der Installation muss das System ggf. neu gestartet werden, bevor sie L-EWTSim zum ersten Mal aufrufen können.

Wenn Sie das Programm deinstallieren wollen, so verwenden Sie die zentrale WINDOWS Programmverwaltung, die Sie in der Systemsteuerung unter „Software“ finden.

3 Überblick über das Programm



Nach dem Start sehen Sie die oben dargestellte Programmoberfläche (=Hauptbildschirm). Sie ist die Schaltzentrale für alle Arbeiten, die sie mit L-EWTSim durchführen werden.

Der Hauptbildschirm kann in drei Bereiche untergliedert werden:

- Links oben: Eingabedaten zum Modell
- Rechts oben: Optionen für die Ausgabedaten
- Untere Hälfte: Graphische Darstellung der Modelldaten.

In der obersten Bildschirmzeile, direkt unter dem Menü, finden Sie eine gelbe Textbox, in der Sie nützliche Hinweise zu dem Bildelement finden, über welchem sich ihr Mauszeiger gerade befindet.

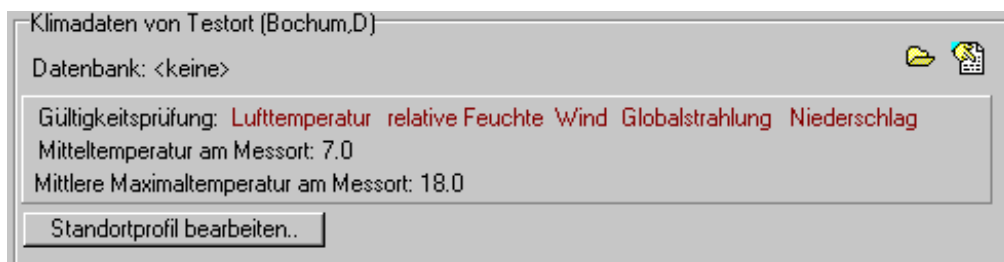
Das Programmmenü ist recht klein und besteht nur aus zwei Einträgen: *Basisdaten* und *Berechnen*.

Die Einträge unter *Basisdaten* sind Wiederholungen der verschiedenen Schaltflächen (Buttons), die sie in der linken Bildschirmseite finden. Das Menü *Berechnen* wird zur Erzeugung fehlender Klimadaten und zum Start der Simulation benötigt.

Sie können die einzelnen Bereiche der Oberfläche mit der Maus verschieben und auch schließen, indem sie die „Anfasser“ (geriffelte Flächen) auf der linken Seite der Bildelemente verwenden.

Auf den folgenden Seiten finden Sie nun die Erläuterungen zu den einzelnen Programmbereichen und den zugehörigen Eingabemasken.


4 Arbeitsbereich Klimadaten



Die Vorgabe eines Klimadatensatzes, der zumindest eine durchgehende Temperaturdatenreihe besitzt ist unabdingbare Voraussetzung für die Verwendung des Modells.

In der aktuellen Version ist es zudem erforderlich, dass der Datensatz ein komplettes Jahr umfasst, also vom 01.01 bis zum 31.12 geht. Schaltjahre werden nicht berücksichtigt, so dass ein 29. Februar gegebenenfalls zu löschen ist.

Die Daten müssen im Format DBASE, PARDOX oder als kommagetrennter ASCII-Text (TEXT) in Stundenwerte vorliegen. Besitzen ihre Daten ein anderes Format und/oder eine andere Auflösung, so müssen Sie sie zuerst umwandeln, bevor sie in L-EWTSim verwendbar sind.

Um eine Klimadatenbank auszuwählen, klicken Sie auf die Schaltfläche  oder wählen Sie den Menüpunkt *Basisdaten / Klimadatenbank laden..* Wählen Sie im Datei-Dialog das passende Datenbankformat (empfohlen: DBASE) und laden Sie die Datei.

Der genaue Aufbau der Klimadatenbank ist im Anhang beschrieben.

Nach dem Laden führt L-EWTSim eine Gültigkeitsprüfung der Daten durch. Hierbei werden alle Datensätze auf Lücken oder unrealistische Wert überprüft und gegebenenfalls als ungültig gekennzeichnet. Ist die Reihe *Lufttemperatur* fehlerhaft, kann die Datenbank nicht verwendet werden.

4.1 Gültigkeitsprüfung Klimadaten


Datenreihen ohne Lücken und ohne unrealistische Werte werden nach dem Laden einer Datenbank **grün** dargestellt, Reihen mit ungültigen Werten bleiben **rot**:

Gültigkeitsprüfung: **Lufttemperatur** **relative Feuchte** **Wind** **Globalstrahlung** **Niederschlag**
 Mitteltemperatur am Messort: 9.6
 Mittlere Maximaltemperatur am Messort: 17.8

Zusätzlich wird als Information die Mitteltemperatur am Messort und die mittlere Maximaltemperatur (15.6 – 15.8) angezeigt.

4.2 Klimadaten editieren

Sie können die aktuelle Klimadatenbank innerhalb des Programms in Tabellenform ansehen und einzelne Messreihen lösen.


Um die Datenbank als Tabelle anzuzeigen, klicken Sie auf die Schaltfläche  oder wählen Sie *Basisdaten | Klimadatenbank anzeigen...* aus dem Hauptmenü.

Datenbank Klimadaten							
Tag	Stunde	Temperatur	rel. Feuchte	Wind	G.-Strahlung	Niederschlag	Wolken
1	0	-11.28	100	1.33	0.00	-999.00	0.00
1	1	1.63	38	1.33	0.00	-999.00	0.00
1	2	1.68	37	1.33	0.00	-999.00	4.00
1	3	1.48	38	1.33	0.00	-999.00	2.00
1	4	1.60	38	1.33	0.00	-999.00	7.00
1	5	1.76	37	1.33	0.00	-999.00	4.00
1	6	1.83	37	2.67	0.00	-999.00	7.00
1	7	1.80	37	2.67	0.00	-999.00	4.00
1	8	2.05	36	2.67	0.00	-999.00	7.00
1	9	2.54	35	2.67	16.09	-999.00	0.00

Ungültige Werte

Die Tabelle zeigt die Datensätze Temperatur [°C], relative Luftfeuchte [%], Windgeschwindigkeit [m/s], Globalstrahlung [W/m²], Niederschlag [mm/(m²h)] und den Bewölkungsgrad in 8-teeln.

Ungültige bzw. fehlende Werte werden mit -999 gekennzeichnet. Beachten Sie auch die Anmerkungen bei der Beschreibung der Dateiformate.

Sie können eine komplette Reihe löschen, indem Sie die Schaltfläche  drücken.

Die Daten werden nur im Speicher, nicht jedoch in der Quelldatenbank auf der Festplatte gelöscht !

Ein Editieren der Datensätze ist nicht möglich. Wenn Sie einzelne Stundenwerte verändern wollen, müssen Sie die Datei ausserhalb von L-EWTSim z.B. in Exel bearbeiten.

Drücken Sie *Schließen* um die Tabellenansicht zu verlassen.

4.3 Standortprofil bearbeiten

Das Standortprofil umfasst alle weiteren ortspezifischen Daten mit Ausnahme der reinen Klimadatenreihe. Sie sollten für jeden Untersuchungsort ein eigenes Standortprofil anlegen, gegebenenfalls sogar mehrere, wenn Sie unterschiedliche Szenarien untersuchen wollen.

Um das aktuelle Standortprofil anzusehen und zu bearbeiten, klicken Sie auf die Schaltfläche *Standortprofil bearbeiten...* oder wählen den Menüpunkt *Basisdaten | Standortprofil bearbeiten*

The screenshot shows the 'Standortprofil bearbeiten' dialog box with the following sections and annotations:

- Name des Standortes:** Points to the title bar 'Standortprofil (D:\EWT\FiDiMo\Code\Bochum.loc.db)'.
- Geoqr. Position:** Points to the 'Ortsname' field 'Testort (Bochum,D)' and the 'Breitengrad' (51.26) and 'Längengrad' (7.15) fields.
- Angaben zur Vegetation (Verdunstungsbestimmung):** Points to the 'Vegetation / Boden' section, specifically the 'Mittlere Höhe Vegetation (m)' (0.50) and 'Vegetationstyp' (normales Gras, geschnitten).
- Berechnete thermische Kennwerte des Bodens:** Points to the 'Relative Feuchte (Startwert %)' (50.0) and the calculated values for 'Wärmeleitfähigkeit (Wlf)' and 'Temperaturleitfähigkeit (Tlf)'.
- Öffnen und Speichern von Standortprofilen:** Points to the file operation icons (open, save, delete) in the top right.
- Definition der Bodenart vor Ort:** Points to the 'Bodenart vor Ort' dropdown menu, which is set to 'sandiger Lehm'.
- Startwert Bodenfeuchte-modell:** Points to the 'Relative Feuchte (Startwert %)' field.
- Allgem. Angaben zu Gebäuden:** Points to the 'Gebäudedaten' section, including 'Innentemperatur Keller (°C)' (8.00), 'Wärmeleitfähigkeit Kellerwand (W/mK)' (0.99), 'Dicke Kellerwand (m)' (0.40), and 'Basis-Temperatur für überbaute Flächen (°C)' (11.00).
- Angaben zur automatischen Erzeugung fehlender Klimadaten:** Points to the 'Klimadaten' section, including 'Differenz T dew zu T min' (0.0), 'Trübung der Luft' (mittel (0.07)), 'Tagesmittel Wind' (2.00), 'Messhöhe' (2.00), 'Tag/Nacht Verhältnis' (2.00), and a table of monthly weather quality and precipitation.

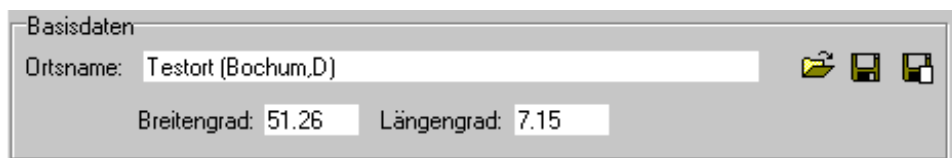
Klimadaten (nur für die automatische Erzeugung benötigt)

Wetterqualität:	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Schön												
Schlecht												
Niederschlag (mm):	66.0	56.0	63.3	85.9	67.2	65.0	55.0	55.0	78.8	80.7	66.2	69.5

Buttons: Schliessen

Die Eingabemaske Standortprofil ist in unterschiedliche Sektionen gegliedert, die im Folgenden erläutert werden.

Basisdaten






Basisdaten

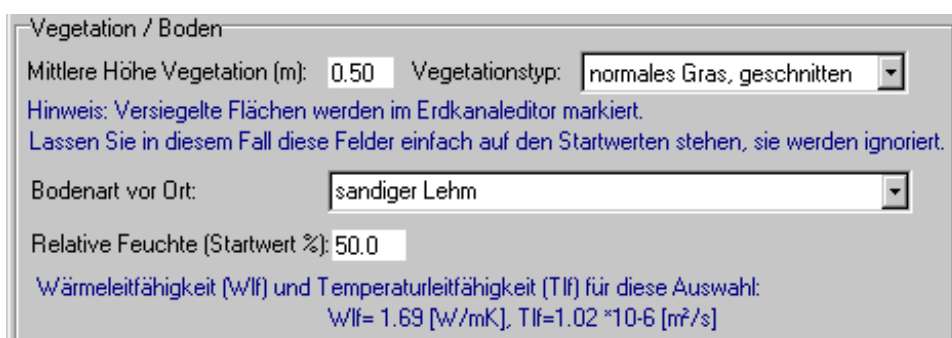
Ortsname: Testort (Bochum,D)

Breitengrad: 51.26 Längengrad: 7.15

Die Basisdaten beinhalten den Namen des Standortes sowie die Angabe über den Längen- und Breitengrad in dezimalen Grad. Positive Werte stehen für nördliche Breite bzw. östliche Länge. Die Bezugszeitzone ist MEZ. Die Angaben zur geographischen Position werden nur benötigt, wenn Sie Strahlungsdaten im Programm erzeugen lassen wollen.

Mit den Schaltflächen    können Sie eine Standortdatei öffnen, die aktuellen Daten speichern bzw. in einer neuen Datei speichern.

Vegetation/ Boden



Vegetation / Boden

Mittlere Höhe Vegetation (m): 0.50 Vegetationstyp: normales Gras, geschnitten

Hinweis: Versiegelte Flächen werden im Erdkanaleditor markiert.
Lassen Sie in diesem Fall diese Felder einfach auf den Startwerten stehen, sie werden ignoriert.

Bodenart vor Ort: sandiger Lehm

Relative Feuchte (Startwert %): 50.0

Wärmeleitfähigkeit (Wlf) und Temperaturleitfähigkeit (Tlf) für diese Auswahl:
Wlf= 1.69 [W/mK], Tlf=1.02 *10⁻⁶ [m²/s]

In diesem Bereich werden die grundlegenden Bodenparameter am Untersuchungsort eingestellt.

Geben Sie die **mittlere Höhe des Bewuchses** ein und wählen Sie einen **Bewuchstyp**. Im Allgemeinen werden Sie wahrscheinlich nur zwischen einer kurzen, gepflegten Rasenfläche oder einer frei wachsenden Wildwiese unterscheiden müssen. Ein unbewachsener Boden ist nicht vorgesehen, da sich in diesen Fällen immer eine spontane Vegetation einstellt.

Wählen Sie aus der Liste **verschiedener Bodenarten** jene aus, die ihrem Boden vor Ort am besten entspricht. Böden, die mit Schutt durchzogen sind oder stark geschichtete Böden können nicht gesondert berechnet werden. Wenn Sie nicht sicher sind, welche Bodenart Sie am Untersuchungsort vorfinden, sollten Sie *Sandiger Lehm* wählen.

Hinweis: Ein versiegelter Boden ist **kein** Bodentyp, sondern eine spezielle Oberflächenbedingung für den Erdwärmetauscher.

Wählen Sie einen **Startwert für die Bodenfeuchte** aus, der den mittleren Bedingungen entspricht.

Wenn Sie sich bei der Simulation entscheiden, das dynamische Bodenfeuchtemodell nicht zu verwenden, so bleibt dieser Wert konstant. Anderenfalls wird er als Startwert am Anfang der Simulation verwendet.

Anhand der Angaben zum Bodentype und der relativen Feuchte berechnet L-EWTSim die entsprechende Wärmeleitfähigkeit und die Temperaturleitfähigkeit. Wenn Sie nur Angaben zu diesen Kennwerten besitzen, haben Sie die Möglichkeit durch Ausprobieren eine passende Kombination von Bodentype und Startfeuchte zu ermitteln. In diesem Fall sollten Sie das dynamische Bodenfeuchtemodell im späteren Modellauf nicht nutzen, da es diese Annahmen verändert.

Gebäudedaten

Gebäudedaten			
Innentemperatur Keller (°C):	8.00		
Wärmeleitfähigkeit Kellerwand (W/mK):	0.99	Dicke Kellerwand (m):	0.40
Basis- Temperatur für überbaute Flächen (°C):	11.00		

Gebäude sind innerhalb des L-EWTSim Modells als besondere Randbedingungen für das Temperaturfeld im Erdreich von Interesse. Insbesondere Keller können hierbei eine Veränderung der thermischen Bedingungen verursachen.

Geben Sie die **Innentemperatur des Kellers**, die **Wärmeleitfähigkeit der Kellerwand** sowie die **Dicke der Kellerwand** an. Vergessen Sie jedoch nicht, dass diese Werte nur zur Bestimmung der Randbedingungen für das Temperaturfeld verwendet werden. Verwenden Sie nicht zuviel Mühe auf eine übermäßig exakte Bestimmung dieser Werte. Die eingestellten Werte gelten global für alle Gebäude im Modell, eine Differenzierung in unterschiedliche Kellerarten ist nicht möglich und auch nicht sinnvoll.

Wenn Sie keine Gebäude berücksichtigen wollen, brauchen Sie diese Einstellungen nicht zu verändern. Die vorgenommenen Einstellungen werden erst dann berücksichtigt, wenn bei der Definition des EWTs Segmente als in der Nähe von Häusern liegend gekennzeichnet werden.

Die **Basistemperatur für überbaute Flächen** bestimmt die Fundamenttemperatur und ist konstant.

Sie können bei der Definition des Erdwärmetauschers Segmente als *überbaut* kennzeichnen. In diesen Fällen wird bei der Berechnung des Erdtemperaturfeldes nicht die Lufttemperatur als Oberflächentemperatur verwendet, sondern die hier

angegebene Basistemperatur. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in der technischen Dokumentation des Modells.

Klimadaten

Klimadaten (nur für die automatische Erzeugung benötigt)

Differenz Tdew zu Tmin: 0.0 (0= humider Standort bis 2= arider Standort)

Trübung der Luft: mittel (0.07)

Tagesmittel Wind: 2.00 Messhöhe: 2.00 Tag/Nacht Verhältnis: 2.00

Wetterqualität:

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Schön												
Schlecht												
Niederschlag (mm):	66.0	56.0	63.3	85.9	67.2	65.0						
	55.0	55.0	78.8	80.7	66.2	69.5						

Die Angaben in diesem Bereich werden zur automatischen Erzeugung von Klimadaten benötigt.

Wenn Sie keine fehlenden Klimadaten von L-EWTSim erzeugen lassen wollen oder bereits erzeugt haben, brauchen Sie hier nichts zu verändern.

Die **Differenz Tdew zu Tmin** wird zur Berechnung der relativen Luftfeuchtigkeit benötigt.

Sie sollten keine Datensätze verwenden, in denen diese Messreihe fehlt! Zur Erläuterung lesen Sie bitte den Abschnitt *Bestimmung fehlender Daten* im technischen Handbuch zum Modell.

Benötigen Sie Strahlungsdaten, so achten Sie auf die Einstellung **Trübung der Luft**. Sie können hier zwischen sauber, mittel und verschmutzt wählen, je nachdem wo sich ihr Untersuchungsort befindet. Bei verschmutzter Luft ist die Einstrahlung geringfügig schwächer als bei sauberer Luft.

Möchten Sie Winddaten erzeugen lassen, so sollten Sie zunächst den entsprechenden Abschnitt im technischen Handbuch lesen, bevor Sie hier Einstellungen verändern.

Mit den Schiebereglern können Sie die **Wetterqualität** für die einzelnen Monate einstellen. Die Werte unter den Reglern sind die **monatlichen Niederschlagssummen** und werden benötigt, wenn Sie die Niederschlagsreihe vom Programm erzeugen lassen wollen. Die Vorgabewerte sind Mittelwerte von 1990-1998 aus Bochum. Liegt ihr Untersuchungsort in einer anderen Region, sollten Sie hier lokale Mittelwerte einsetzen.

Bitte lesen Sie den Abschnitt *Bestimmung fehlender Daten* im technischen Handbuch zum Modell, bevor Sie Klimadaten von L-EWTSim erzeugen lassen.

4.4 *Fehlende Klimadaten erzeugen*

Damit L-EWTSim fehlende Klimadaten erzeugen kann, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

1. die eingelesene Klimadatenbank enthält fehlende Daten(reihen)
2. Im Dialog Standortprofil wurden alle notwendigen Einstellungen vorgenommen

Die Erzeugung wird über den Menüpunkt *Berechnen / fehlende Klimadaten erzeugen* gestartet.

Hier gibt es zwei Optionen: a) temporär im Speicher und b) in Datenbank zurückschreiben.

Wenn Sie die Option a) wählen, so werden die Klimadaten intern erzeugt, aber nicht in die Datenbank auf der Festplatte zurückgeschrieben. Die erzeugten Daten stehen somit für weitere Berechnungen nur solange zur Verfügung, wie keine andere Datenbank geöffnet wird oder das Programm verlassen wird.

Option b) veranlasst L-EWTSim nach der Berechnung der fehlenden Daten die komplette Datei auf die Festplatte zurückzuschreiben, so dass die erzeugten Daten verfügbar bleiben.

Beachten Sie: Bei der Erzeugung von Klimadaten werden stochastische Verfahren (u. a. Zufallszahlen) verwendet. Bei jeder Erzeugung von Klimadaten werden daher auch bei gleichen Ausgangsdaten unterschiedliche Verteilungen entstehen !

5 Arbeitsbereich Erdwärmetauscher

Erdwärmetauscher
EWT Daten bearbeiten...

Aktuelle Länge des Kanals: (kein Kanal)

Neben der Festlegung der Klimadaten ist die Definition des zu untersuchenden Erdwärmetauschers der wichtigste Schritt in einem Berechnungsprojekt.

Die Erstellung eines Erdkanals erfolgt im Erdkanaleditor, in den Sie durch Drücken der Taste *EWT Daten bearbeiten* im Hauptbildschirm gelangen. Alternativ können Sie das Menu über *Basisdaten | EWT Daten bearbeiten* verwenden.

5.1 Erdkanaleditor: Übersicht

The screenshot shows the 'Erdkanaleditor' window with the following components:

- Menüleiste:** The top menu bar with options like 'Datei', 'Bearbeiten', 'Formatieren', etc.
- Ansicht als Tabelle:** A table displaying 15 segments of the channel. The table has columns for 'm', 'Tiefe', 'Anz Rohre', 'Abstand R.', 'Abst. Geb.', 'Tiefe Geb.', 'Abst. Geb.', 'Tiefe Geb.', 'Überbaut', and 'Rohrtype'.
- Ansicht als Grafik:** A graphical representation of the channel layout below the table, showing the depth and position of the segments.
- Legende/Werkzeuge:** A legend at the bottom right showing symbols for 'Kanallänge', 'Verlegungstiefe', 'Überbaut', 'Versiegelt', and 'Gebäude'.
- Technische Daten/Schaltzeiten:** A section at the bottom for setting technical parameters like 'Basis Volumenstrom in m3/h', 'Volumenstrom im "Aus"-Zustand', and 'Zeitsteuerung'.
- Weitere Einstellungen Rohrmaterial:** A section on the left for selecting pipe material and other settings.

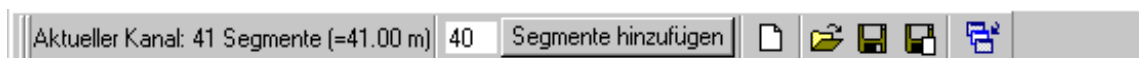
m	Tiefe	Anz Rohre	Abstand R.	Abst. Geb.	Tiefe Geb.	Abst. Geb.	Tiefe Geb.	Überbaut	Rohrtype
1	6.0	5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
2	6.0	5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
3	6.0	5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
4	6.0	5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
5	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
6	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
7	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
8	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
9	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
10	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
11	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Ü	PVC DN12
12	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Ü	PVC DN12
13	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
14	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
15	6.0	1	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12

Der Erdkanaleditor ist ein komplexes Tool, um Erdkanäle am Bildschirm zu erstellen. Er unterstützt sowohl das Bearbeiten mit der Maus als auch die Erstellung eines Kanals anhand einer Tabelle.

Der Editor gliedert sich in vier Teilbereiche, die nach dem Überblick im Detail vorgestellt werden:

- **Menüleiste:** Hinzufügen von Segmenten, Laden/ Speichern/ Anlegen von Kanälen
- **Ansicht als Tabelle:** Der aktuelle Kanal wird in Tabellenform angezeigt
Die Daten können editiert werden.
- **Ansicht als Grafik:** Der aktuelle Kanal als graphische Ansicht.
Die Daten können mit der Maus durch klicken auf ein Segment editiert werden
- **Legende/Werkzeuge:** Erläutert die Zeichen in der Graphik und wählt ein Werkzeug aus. Die Wahl des Werkzeuges legt fest, welche Kanaleigenschaft durch einen Mausklick auf das Segment geändert wird
- **Technische Daten/ Schaltzeiten:** Hier kann der Volumenstrom und die Betriebszeit eingestellt werden
- **Weitere Einstellungen.**
Rohrmaterial: Öffnet ein Dialogfenster zur Auswahl des Rohrmaterials und der Rohrdimensionen

5.2 Die Menüleiste



Die Menüleiste ermöglicht das Öffnen, Speichern und Neuanlegen von Kanälen. Des Weiteren ermöglicht sie das anhängen von neuen Segmenten an den Kanal und synchronisiert die Tabellenansicht mit dem Speicher und der graphischen Darstellung.

Segmente hinzufügen



Verwenden Sie diese Taste, um dem Erdkanal weitere Segmente hinzuzufügen. Geben Sie dazu die Zahl der gewünschten zusätzlichen Segmente in das linke Feld ein.

Die neuen Segmente werden immer an das Ende des Kanals angehängt und besitzen die gleichen Eigenschaften (Tiefe, Zahl der Rohre etc.) wie das letzte alte Segment.

Beachten Sie, dass die maximale Zahl Kanalsegmente auf 150 limitiert ist.

Wenn Sie einen längeren Kanal simulieren wollen, sollten Sie die Größe eines Einzelsegments erhöhen.

Neuer Kanal, Öffnen, Speichern, Speichern unter...



Legt einen neuen Kanal an, Öffnet einen bestehenden Kanal und Speichert die Änderungen (in eine neue Datei).

Wenn Sie Änderungen im Erdwärmetauscher vorgenommen haben, sowohl im Bereich der Konstruktion als auch im Bereich der Betriebsdaten, so müssen Sie diese mit dem *Speichern* bzw. *Speichern unter...* Button in die Datei zurückschreiben.

Daten synchronisieren



Synchronisiert die Tabellenansicht mit dem internen Speicher und der grafischen Darstellung.


Sowohl die Tabelle als auch die Grafik sind Darstellungen des gleichen Erdkanals, also des gleichen Datensatzes. Es ist daher erforderlich, bei Änderungen in der einen Ansicht die andere Ansicht zu aktualisieren.

Im Falle der Grafik erfolgt dieses automatisch. Wenn Sie jedoch Daten in der Tabelle ändern, müssen Sie abschließend die Synchronisationstaste drücken, damit Ihre Veränderungen im Speicher und in der Grafik berücksichtigt werden.

Drücken Sie die Taste nicht, so werden die alten Daten bei der nächsten Aktion wieder in die Tabelle zurückgeschrieben und Ihre Änderungen gehen verloren.

5.3 Der Erdkanal in Tabellenansicht

m	Tiefe	Anz Rohre	Abstand R.	Abst. Geb.	Tiefe Geb.	Abst. Geb.	Tiefe Geb.	Überbaut/V	Rohrtype
1	6.0	5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
2	6.0	5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
3	6.0	5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
4	6.0	5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
5	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
6	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
7	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
8	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
9	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
10	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V	PVC DN12
11	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Ü	PVC DN12
12	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Ü	PVC DN12
13	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
14	6.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12
15	6.0	1	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	-	PVC DN12

In dieser Ansicht werden die Kenndaten des Kanals im Klartext angezeigt. Sie können alle Datenfelder (außer dem Zählerfeld m) editieren. Bevor die Änderungen wirksam werden müssen Sie jedoch den Synchronisationsknopf  drücken.

Alle Felder nehmen numerische Daten auf, außer dem Feld „Überbaut“, welches sich wie eine Markierung verhält und dem Feld „Rohrtype“.

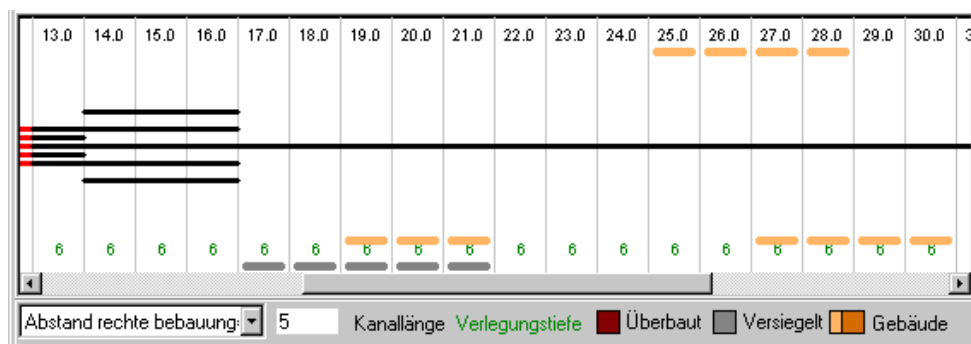
Für das Feld „Überbaut“ sind zwei Zustände möglich:

- „Überbaut“ (Kennung: **Ü**) Der Erdkanal führt unter einem Gebäude durch
- „Versiegelt“ (Kennung: **V**) Der Erdkanal liegt unter einer versiegelten Fläche

Bei einem überbauten Kanal wird die Fundamenttemperatur des Gebäudes als Randbedingung verwendet, bei einem versiegelten Kanal wird lediglich die Verdunstung der Oberfläche gleich Null gesetzt und die Lufttemperatur weiterhin als Randbedingung eingesetzt. Weitergehende Informationen zu diesem Thema finden Sie im technischen Handbuch zum Modell.

Das Feld „Rohrtype“ gibt an, welchen Rohrtype sie für das Hauptrohr bzw. das Register gewählt haben. Sie können den Rohrtype nicht für jedes Segment individuell einstellen, sondern nur global einen Rohrtype für den Hauptstrang (1 Rohr) und für Register (mehr als 1 Rohr) wählen.

5.4 Der Erdkanal in der grafischen Ansicht

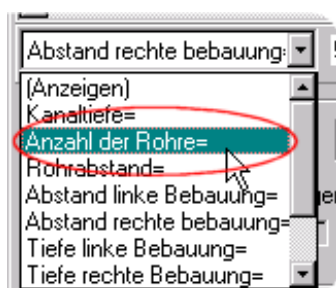


Die grafische Ansicht ermöglicht es dem Anwender, sich eine schnelle Übersicht über den Erdkanal zu verschaffen und ihn einfach mit Hilfe der Maus zu modifizieren.

Der grafische Teil des Editors gliedert sich in zwei Teilbereiche: der eigentlichen Darstellung des Kanals und der Werkzeugleiste mit Legende.

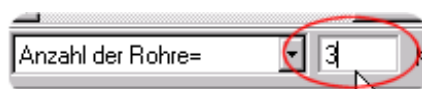
5.5 Generelle Vorgehensweise beim Editieren eines Kanals

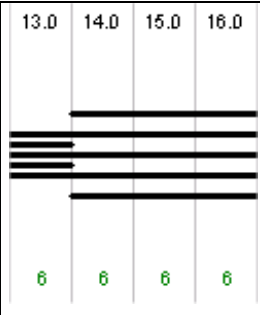
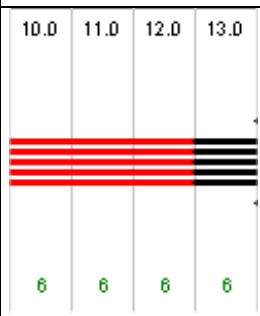
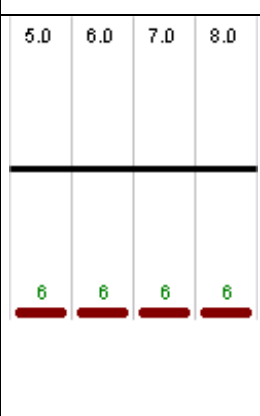
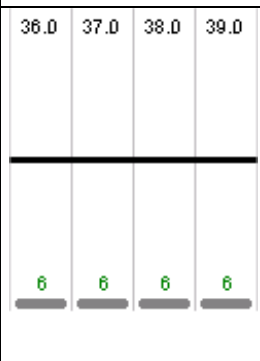
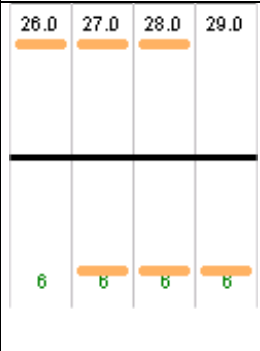
Um einen Kennwert eines Segmentes zu verändern müssen Sie zunächst die gewünschte Eigenschaft in der Werkzeugleiste auswählen:



Die verfügbaren Werkzeuge entsprechen den Feldern des Erdkanal Datensatzes. Zusätzlich sind die Werkzeuge *(Anzeigen)* und *[Segment LÖSCHEN]* verfügbar. Letzteres entfernt jedes angeklickte Segment aus dem Datensatz, eventuell nachfolgende Segmente rücken entsprechend vor.

Nachdem Sie ein Werkzeug ausgewählt haben, müssen Sie den Wert festlegen, den Sie den Segmenten zuweisen wollen. Im obigen Beispiel wurde als Werkzeug „Anzahl der Rohre=“ ausgewählt, so dass nun noch die Anzahl der Rohre eingesetzt werden muss, bevor das Werkzeug einsatzbereit ist:



	<p>Rohrregister (vollständig)</p> <p>Die Zahl der Rohre und der Abstand der Rohrachsen wird proportional dargestellt.</p>
	<p>Rohrregister (mit fehlenden Daten)</p> <p>Für die in Rot eingezeichneten Rohre liegen noch keine Abstandsinformationen vor.</p>
	<p>Überbautes Segment</p> <p>Diese Segmente sind als überbaut gekennzeichnet.</p> <p>Um die Kennzeichnung zu löschen, muss das Werkzeug <i>Überbaut=</i> mit dem Wert 0 eingestellt und das gewünschte Segment angeklickt werden.</p>
	<p>Versiegeltes Segment</p> <p>Diese Segmente liegen unter einer versiegelten Oberfläche. Um die Kennzeichnung zu löschen, muss das Werkzeug <i>Versiegelt=</i> mit dem Wert 0 eingestellt und das gewünschte Segment angeklickt werden.</p>
	<p>Segment neben Gebäuden</p> <p>Gebäude auf der linken Seite in Richtung des Kanalverlaufes werden oberhalb, Gebäude auf der rechten Seite unterhalb der Kanalachse dargestellt.</p> <p>Zum Löschen von Gebäuden muss der Abstand auf „0“ gesetzt werden.</p>

5.6 Technische Daten des Erdkanals

Basisdaten Erdkanal

Basis Volumenstrom in m³/h: Volumenstrom im "Aus"-Zustand: ☐ 5-Tages Betrieb

☒ konstanter Betrieb
 ☐ Betrieb nach Uhrzeit
 ☐ Betrieb nach Temperatur
 ☐ Zeit UND Temperatursteuerung

Zeitsteuerung Ein: Aus:
 Kein Betrieb von: bis °C

Unter den technischen Daten des Erdkanals werden die Steuerungszeiten für den Betrieb und der Volumenstrom verstanden.

L-EWTSim kennt zwei Betriebsarten:

Konstanter Betrieb

Der Erdkanal läuft 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche mit dem gleichen Volumenstrom (*Basis Volumenstrom*)

Geregelter Betrieb mit 3 Schaltbedingungen

Der Erdkanal kennt zwei Zustände („Ein“ und „Aus“).

Im „Ein“-Zustand wird der Basis Volumenstrom verwendet, für den „Aus“-Zustand kann ein weiterer Wert angegeben werden.

Bei der Verwendung des geregelten Betriebs ist es nötig, die Schaltbedingungen für „Ein“ (Kanal wird eingeschaltet) und „Aus“ (Kanal wird abgeschaltet, bzw. runter geregelt) anzugeben.

Schaltbedingung „Betrieb nach Uhrzeit“

Geben Sie die Uhrzeiten an, an denen der Kanal an- und ausgeschaltet wird.

Tipp:

Bei den Schaltzeiten wird vorausgesetzt, dass das Zeitintervall für den „Ein“-Betrieb innerhalb eines Tages liegt, also den 24 Uhr Wert nicht enthält. Sollte der seltene Fall vorkommen, dass ein L-EWT hauptsächlich während der Nacht betrieben wird, so können die Volumenströme für „Ein“ und „Aus“ auch vertauscht werden, so dass die Schaltzeit für „Ein“ dem Ausschaltvorgang entspricht und umgekehrt.

Schaltbedingung „Betrieb nach Temperatur“

Geben sie den Temperaturintervall an, innerhalb dessen kein EWT Betrieb stattfindet.

Schaltbedingung „Zeit und Temperatur“

Verknüpft die beiden Schaltbedingungen miteinander. Entscheidet eine der beiden Bedingungen, dass der Kanal „aus“ ist, so wird er auf „aus“ gesetzt.

Zusatzoption 5-Tages-Betrieb

Als weitere Option steht der *5-Tages-Betrieb* zur Verfügung. Wird diese Option verwendet, so wird nach je 5 Betriebstagen für 2 Tage, unabhängig von der Uhrzeit, nur der „Aus“-Volumenstrom verwendet.

L-EWTSim verwendet keinen Kalender um Samstage und Sonntage zu identifizieren. Beim Vergleich mit Messwerten kann es daher zu Abweichungen in den Schaltzeiten kommen. Der 5-Tages-Betrieb ist nur in Kombination mit Schaltzeiten verwendbar.

6 Rohrdaten anzeigen/bearbeiten

Rohrdaten anzeigen/ bearbeiten...

Wenn Sie die Schaltfläche Rohrdaten anzeigen/bearbeiten anklicken, so öffnet sich ein Dialog, in dem Sie die technischen Daten des Erdkanalmaterials auswählen können.

Der Dialog zeigt je nach Auswahl in der obersten Zeile, entweder die Rohrdaten für den Hauptstrang (1 Rohr) oder für Rohre, die zu Registern gehören (mehr als 1 Rohr) an.

- **Name:**
Geben Sie einen Namen für den Rohrtype an. Dieses Feld dient nur zur Information.
- **Innendurchmesser in mm:**
Geben Sie den Innendurchmesser des Rohres in mm
- **Dicke der Wandung in mm:**
Geben Sie die Rohrwandungsdicke in mm an
- **Wärmeleitfähigkeit des Rohrmaterials:**
Geben Sie die Wärmeleitfähigkeit des Rohrmaterials in W/(mK)
- **Länge eines Rohrsegments:**
Hiermit legen Sie die Rechengenauigkeit des Modells fest, denn nach jedem Rohrsegment wird die Lufttemperatur im EWT neu bestimmt. Wählen Sie die Länge eines Segments so, dass sie einen guten Kompromiss zwischen der höchstmöglichen Genauigkeit und dem verfügbaren Speicherplatz erreichen. Es können insgesamt 150 Segmente berechnet werden, d.h. wenn Ihr EWT länger als 150 m ist müssen Sie eine größere Segmentlänge als 1 m auswählen. Segmentlängen von 3-4 m sollten noch ausreichend genau sein.

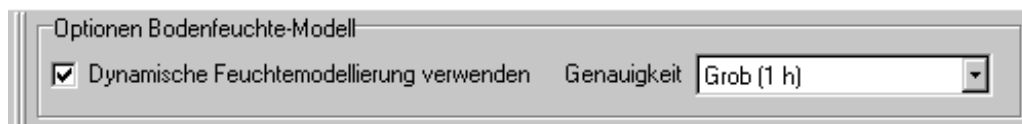
Vordefinierte Rohrtypen:

Bei jedem Programmstart liest das Programm die Datei ROHRE.DBF ein, die eine Zusammenstellung unterschiedlicher Rohrtypen enthält. Sie können diese Datei mit einem Datenbankprogramm selber verändern und erweitern (siehe Beschreibung der Dateiformate im Anhang).

Anstelle die einzelnen Rohrdaten einzugeben, können Sie dies durch die „<-Werte kopieren“ Schaltfläche komfortabel übertragen.

7 Arbeitsbereich Modelloptionen

7.1 Modelloptionen Bodenfeuchte Modell



Neben der Simulation der thermodynamischen Vorgänge im Erdreich ermöglicht L-EWTSim die Prognose der Bodenfeuchteverhältnisse. Hierzu wird die Wasserbilanz der Oberfläche bestimmt (Niederschlag- Verdunstung) und über die sogenannte Richardsgleichung die hydrologischen Austauschprozesse im Boden simuliert.

Die Berechnung dieser Vorgänge erfordert wesentlich mehr Zeit als die Simulation der thermodynamischen Vorgänge, da im hydrologischen Bereich aufgrund der komplexen Zusammenhänge mit wesentlich kleineren Zeitschritten berechnet werden müssen.

L-EWTSim ermöglicht dem Anwender zu wählen, ob er das dynamische Bodenfeuchtemodell verwenden möchte oder nicht.

Wird die Option *Dynamische Feuchtemodellierung verwenden* deaktiviert, so wird die Feuchte des Bodens mit der Startfeuchte initialisiert (-> Standortprofil) und während der Rechnung konstant gehalten.

Über die Auswahlbox *Genauigkeit* kann der Anwender die zeitliche Auflösung des Modells (und damit die benötigte Rechenzeit) steuern. In der Genauigkeit *Grob (1h)* erfolgt alle 60 min eine Neuberechnung der hydrologischen Leitfähigkeit des Bodens und der Ausgleichsvorgänge im Erdreich. Die übrigen Stufen *Fein* bis *Exakt* verringern diesen Intervall und führen zu einer höheren Rechengenauigkeit. Im Allgemeinen ist die Genauigkeit *Grob* (Voreinstellung) ausreichend für die Simulation. Die übrigen Stufen sollten nur dann gewählt werden, wenn es aufgrund sehr spezieller Verhältnisse zu Problemen bei der Simulation kommt.

8 Ausgabeoptionen Modell

Bei jeder Simulationsrechnung werden eine große Menge Daten erzeugt. Je nach Fragestellung ist der Anwender jedoch oft nur an einem Bruchteil dieser Daten und zumeist auch nur unter einem bestimmten Aspekt interessiert. Aus diesem Grund bietet L-EWTSim eine Vielzahl Einstellungsmöglichkeiten, die das Format und den Umfang der erzeugten Ergebnisdateien steuern.

Im folgenden werden die einzelnen Optionen erläutert. Eine detaillierte Auflistung der Datenfelder in den Dateien finden Sie im Anhang dieses Handbuchs.

Stammmname für Ausgabedatei

Wählen Sie hier den Stammmnamen, mit dem Sie ihre Simulationsrechnung identifizieren wollen. L-EWTSim verwendet diesen Bezeichnung als Stammmnamen für alle im Modelllauf erzeugten Dateien.

Beachten Sie, dass ältere Dateien mit gleichem Namen ohne Vorwarnung überschrieben werden!

Bei jedem Simulationslauf werden mindestens zwei Dateien erzeugt:

Die Hauptdatei („Jahresdatei“), die das Verhalten des gesamten Erdkanals für jede Stunde des Jahres festhält. In dieser Datei werden nur die Eingangstemperatur und die Ausgangstemperatur festgehalten, nicht jedoch der Temperaturverlauf innerhalb des Kanals. Dieser wird in der „Kanaldatei“ gespeichert. Die Kanaldateien werden nur für die Referenztage 15.1, 15.3, 15.6, 15.8 und 15.9 (Tagnummer 14, 74, 66, 225, 258) erzeugt.

Mehr Informationen zu den Dateien finden Sie im Anhang.

Segment-Markierung für 2D-Feld

Segment-Markierung für 2D-Feld:

Neben den Angaben zu den Verhältnissen innerhalb des Erdwärmetauschers kann L-EWTSim auch die Daten des umgebenden Erdreichs (Temperatur, volumetrischer Wassergehalt) als 2D Schnitt senkrecht zur Kanalachse ausgeben.

Wenn Sie eine solche Datei wünschen, müssen Sie ein Segment innerhalb des Kanals auswählen, an dem der 2D Schnitt angelegt werden soll.

Sie können in jeder Simulation nur einen Schnitt erzeugen. Benötigen Sie mehrere Schnitte, so müssen sie die Simulation mehrmals starten.

Geben Sie in das Eingabefeld die Nummer (nicht die Kanallänge in m !) des zu untersuchenden Segments ein. Liegt die angegebene Zahl nicht innerhalb des Kanals (z.B. – 1), so wird keine 2D-Datei erzeugt.

Auswahl des Datenvolumens

Datenvolumen: ☒ Kompletter Tagesgang
☐ nur 1 Termin pro Tag, und zwar: Uhr

Normalerweise wird in der Hauptdatei (Jahresdatei) der komplette Tagesgang für jeden Tag abgelegt. Dadurch werden diese Dateien sehr groß und schwer zu bearbeiten. Oft reicht es auch aus, sich die Daten zu bestimmten Zeiten, z.B. zur Mittagszeit anzusehen, um den Erdwärmetauscher zu beurteilen.

Wählen Sie die Option *Kompletter Tagesgang*, so werden alle Daten in die Datei aufgenommen. Wollen Sie nur bestimmte Termin abspeichern, so wählen Sie *Nur 1 Termin pro Tag...* aus und geben in das Eingabefeld die gewünschte Stunde ein.

Hauptdatei im ASCII-Format ausgeben

☐ Hauptdatei im ASCII-Format ausgeben (sonst DBASE)

Normalerweise wird die Hauptdatei (Jahresdatei) im DBASE Format erzeugt, da dieses von fast allen Programmen importiert werden kann.

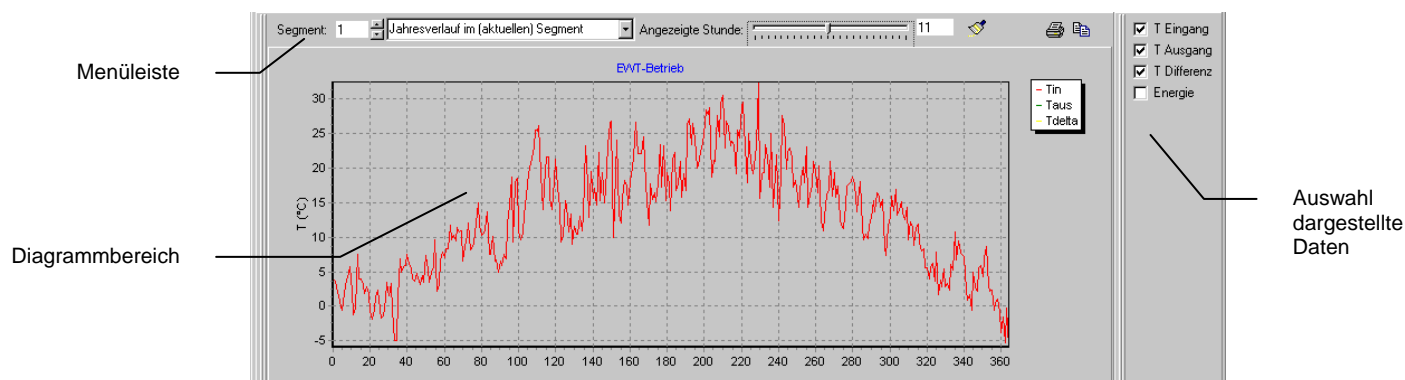
L-EWTSim bietet die Option, anstelle des DBASE Formates auch die Hauptdatei im ASCII-Format auszugeben. Wenn Sie dieses wünschen, aktivieren sie diese Option.

Zusätzliche Tagesgangdateien für die Referenztage

☐ Zusätzliche Tagesgangdateien für die Referenztage

Auch hierbei handelt es sich um eine Zusatzoption, welche die Datenauswertung erleichtern soll. Wählen Sie diese Option, um für die Referenztage 15.1, 15.3, 15.6, 15.8 und 15.9 getrennte Dateien mit der Struktur der Jahresdatei zu erzeugen. Die Tagesgangdateien enthalten immer den vollständigen Tagesgang, auch wenn für die Hauptdatei die Option *Datenvolumen: nur 1 Termin pro Tag* (siehe oben) gewählt wurde.

9 Arbeitsbereich Grafische Darstellung der Modelldaten

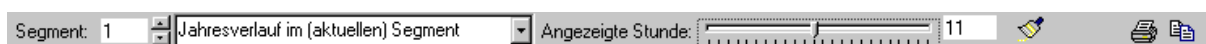


Im unteren Bildschirmbereich befindet sich die grafische Darstellung der Modelldaten, soweit verfügbar.



Es stehen verschiedene Darstellungsmodi zur Verfügung, die anschließend erläutert werden. Die Grafiken dienen zur Visualisierung und Kontrolle der Modelldaten und weniger der Erzeugung von publikationsfähigen Diagrammen. Obwohl die Diagramme in die Zwischenablage kopierbar sind ausgedruckt werden können, bestehen keine weiteren Gestaltungsoptionen. Sie können die rechte Maustaste verwenden, um den Diagrammbereich zu verschieben. Ein Doppelklicken auf das Diagramm öffnet den Dialog *Klimadaten*.

Zur Erzeugung hochwertiger Grafiken sollten Sie daher auf die bekannten Programme anderer Hersteller zurückgreifen.

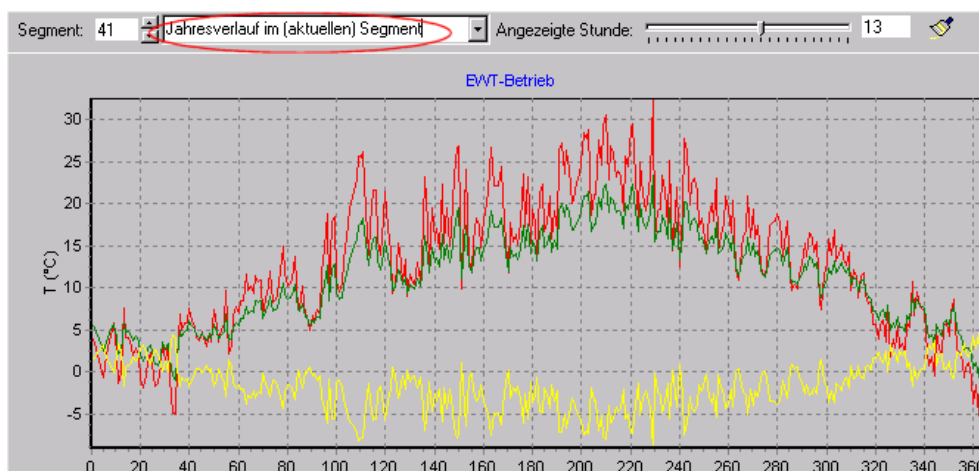
9.1 Die Menüleiste



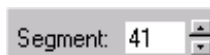
Mit der Menüleiste steuern Sie die Darstellungsart und den Darstellungsumfang des Diagramms. Die Bedeutung des linken Eingabefelds sowie des Schiebereglers hängt von der aktuell gewählten Darstellungsart (Auswahlbox) ab.

Benutzen Sie die Druckerschaltfläche  um das aktuelle Diagramm auszudrucken, oder die Schaltfläche  um die Grafik in die Zwischenablage zu kopieren.

9.2 Diagramm: Jahresverlauf im aktuellen Segment



In diesem Modus wird der Verlauf der Lufttemperatur am Eingang des Erdkanals (T_{in}) und am Ausgang des ausgewählten Segments (T_{aus}) sowie die Differenz zwischen beiden (T_{delta}) dargestellt. Sie können außerdem den dazugehörigen Energiebetrag einblenden, wenn Sie in der Auswahlleiste rechts die Option *Energie* auswählen. Ebenso können Sie die anderen Datenreihen T_{in} , T_{out} und T_{delta} ein- oder ausschalten.




Mit dem Eingabefeld *Segment* bzw. mit den Pfeiltasten können Sie auswählen, nach welchem Segment die Ausgangstemperatur dargestellt werden soll. Wählen Sie das letzte Segment des EWTs, so erhalten Sie die Gesamtleistung des Systems.



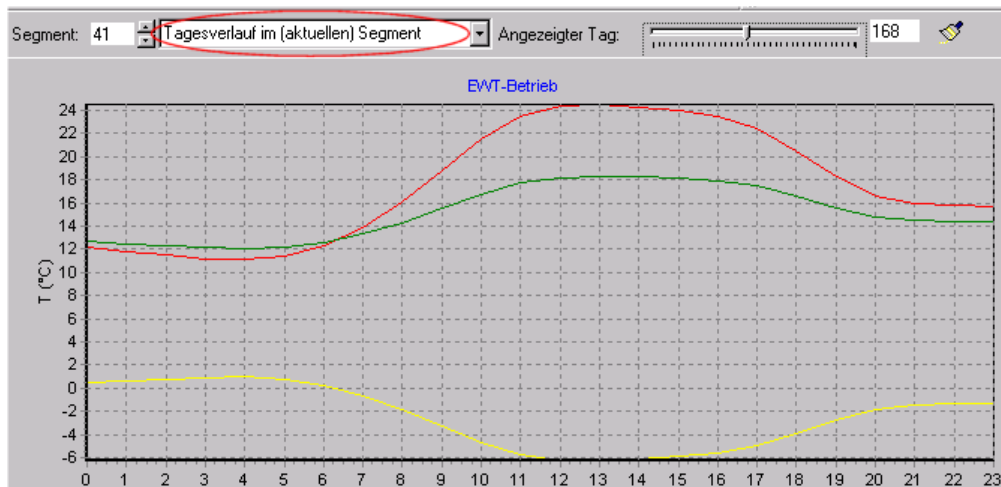
Wählen Sie mit dem Schieberegler, welche Uhrzeit zur Darstellung der Daten verwendet werden soll.

Im Diagramm wird jeweils nur ein Termin pro Tag dargestellt, da die Zahl der Datenpunkte sonst zu groß werden würde.

Wählen Sie beispielsweise 13, so werden alle 13 Uhr Werte zur Darstellung verwendet.

Nach dem Verändern der Einstellung, müssen Sie die Aktualisieren-Schaltfläche  drücken, um Ihre Änderungen in das Diagramm zu übernehmen.

9.3 Diagramm: Tagesverlauf im aktuellen Segment



Bei dieser Darstellungsart können Sie den Temperaturverlauf im ausgewählten Segment auf Tagesbasis betrachten. Die dargestellten Datenreihen sind die selben wie im Darstellungsmodus Jahresverlauf, mit dem Unterschied, dass sie alle Stunden eines bestimmten Tages sehen

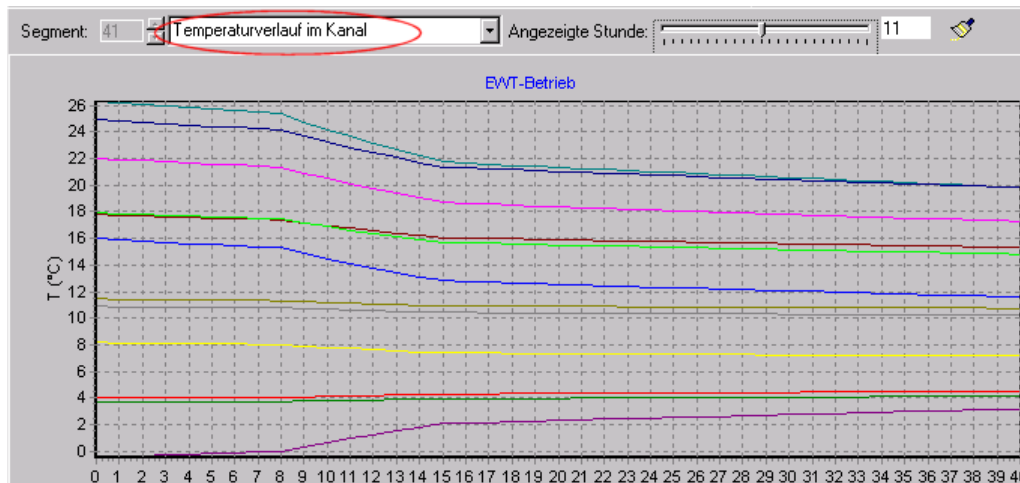


Wählen Sie mit dem Schieberegler den darzustellenden Tag aus.

Nach dem Verändern der Einstellung, müssen Sie die Aktualisieren-Schaltfläche drücken, um Ihre Änderungen in das Diagramm zu übernehmen.



9.4 Diagramm: Temperaturverlauf im Kanal



Diese Einstellung ermöglicht einen Blick auf den Temperaturverlauf entlang des Erdwärmetausches jeweils zum 15. eines Monats. Dargestellt ist die Austrittstemperatur aus dem Segment zur ausgewählten Stunde. Sie können mit dem Schieberegler *Angezeigte Stunde* wählen, welche Uhrzeit zum Erzeugen des Diagramms verwendet wird (siehe Jahresverlauf im aktuellen Segment)

10 Simulationsrechnung starten

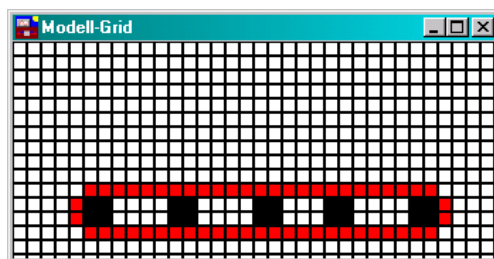
Nachdem Sie eine Klimadatenbank geladen (und eventuell vervollständigt haben) und ein Erdwärmetauscher definiert ist, können Sie die Simulationsberechnung mit dem Menüpunkt *Berechnen | Simulation starten...* beginnen.

Wenn alle Daten korrekt und vollständig sind beginnt die Simulation ohne weitere Nachfrage. Wenn Sie die Berechnung abbrechen wollen, so können Sie die *Berechnung stoppen* - Schaltfläche verwenden:



Diese Schaltfläche ist nur während der Berechnung sichtbar.

Während der Simulation zeigt L-EWTSim ein kleines Fenster an, dass das gerade berechnete Erdkanalsegment symbolisiert:



Vom Erdkanal oder Gebäuden belegte Gitterzellen werden schwarz dargestellt, die von Modell verwendete Kontaktfläche mit dem Erdreich ist rot visualisiert (siehe Technisches Handbuch).

Im obigen Beispiel sehen Sie ein Register aus 5 Rohren. Beachten Sie, dass L-EWTSim ein Gitterzellenmodell ist. Durch Rundungsfehler kann es vorkommen, dass die Zuordnung zu den Gitterzellen auch bei gleichem Rohrabstand nicht immer symmetrisch erfolgt. Dieses ist systembedingt und beeinträchtigt die Qualität der Berechnung nicht.

Außerdem wird während der Simulation im Diagrammfenster das jeweils berechnete Segment dargestellt. So können Sie beobachten, wie sich die Lufttemperatur im Erdwärmetauscher langsam verändert.

Nach Abschluss der Berechnung werden die Ergebnisdateien das aktuelle Verzeichnis geschrieben und L-EWTSim ist wieder einsatzbereit.

11 L- EWTSim in der Praxis

Auf den folgenden Seiten werden sie Schritt für Schritt durch die Erstellung eines L-EWTSim Projektes geführt.

Um den optimalen Lernerfolg zu erzielen, sollten sie diese Schritte parallel am Computer im Programm nachvollziehen.

1. Schritt: Einrichten eines neuen Projektes: Klimadaten




Laden eines Datensatzes

Bevor der erste Erdkanal errichtet werden kann, benötigen sie zunächst einige Rahmeninformationen über die klimatologischen Rahmenbedingungen an ihrem Standort. Diese müssen als Datenbank vorliegen und ein komplettes Jahr umfassen. Woher diese Daten stammen (aus eigenen Messungen oder aus künstlich generierten Datenreihen wie die Testreferenzjahre des Deutschen Wetterdienstes) macht im Prinzip keinen Unterschied, sie sollten lediglich **repräsentativ** für ihren geplanten Erdkanal-Standort sein. Jedes Jahr **muss** mit dem 1.Januar beginnen und mit dem 31.Dezember enden.

Um ihnen die weitere Vorgehensweise zu erläutern, liegt in dem Programm eine Beispieldatenbank eines westdeutschen Standortes bei (Klimadaten.dbf im Verzeichnis \daten).

 Bitte laden Sie die Datei in das Programm

Mit der Schaltfläche  können Sie sich ansehen, welche Daten in der Datei vorhanden sind.

Zur Berechnung des Erdkanals benötigt L-EWT Sim die Klimadaten

- Lufttemperatur
- Relative Feuchte (%)
- Wind(-geschwindigkeit)
- Globalstrahlung
- Niederschlag

Ergänzen fehlender Daten

Klimadaten, die komplett in der Datenbank vorhanden sind, werden in **grün** dargestellt, unvollständige oder völlig fehlende Daten in **rot**.

In der Beispieldatenbank sind also die Lufttemperatur, die relative Feuchte und die Windgeschwindigkeit vorhanden, während die Globalstrahlung und der Niederschlag fehlen. Sollte eine von ihnen gewählte Datenbank nicht zumindest die Lufttemperatur und die Luftfeuchte aufweisen, so sollten sie eine andere Datenbank verwenden.

L-EWTSim ermöglicht zwar die Erzeugung von künstlichen Daten für die Luftfeuchte, aber dieses Verfahren erzeugt normalerweise keine realistischen Werte für ihren Standort.

In den meisten Datenbanken, die aus eigenen Messung stammen, wird wohl die Globalstrahlung sowie oft auch der Niederschlag fehlen.

Um diese Daten dennoch nutzen zu können, besitzt L-EWTSim einen eingebauten Wetterdaten-Generator (siehe hierzu auch die technische Dokumentation)

Um die fehlenden Wetterdaten zu ergänzen und weitere Einstellungen vorzunehmen, öffnen Sie das Standortprofil (Schaltfläche „Standortprofil bearbeiten...“)

Standortprofil (Bochum.loc.db)

Basisdaten

Ortsname: Testort (Bochum,D)

Breitengrad: 51.26 Längengrad: 7.15

Vegetation / Boden

Mittlere Höhe Vegetation (m): 0.50 Vegetationstyp: normales Gras, geschnitten

Hinweis: Versiegelte Flächen werden im Erdkanaleditor markiert.
Lassen Sie in diesem Fall diese Felder einfach auf den Startwerten stehen, sie werden ignoriert.

Bodenart vor Ort: sandiger Lehm

Relative Feuchte (Startwert %): 50.0

Wärmeleitfähigkeit (Wlf) und Temperaturleitfähigkeit (Tlf) für diese Auswahl:
Wlf= 1.69 [W/mK], Tlf=1.02 *10-6 [m²/s]

Gebäudedaten

Innentemperatur Keller (°C): 8.00

Wärmeleitfähigkeit Kellerwand (W/mK): 0.90 Dicke Kellerwand (m): 0.40

Basis-Temperatur für überbaute Flächen (°C): 10.00

Klimadaten (nur für die automatische Erzeugung benötigt)

Differenz Tdew zu Tmin: 0.0 (0= humider Standort bis 2= arider Standort)

Trübung der Luft: mittel (0.07)

Tagesmittel Wind: 2.00 Messhöhe: 2.00 Tag/Nacht Verhältnis: 2.00

Wetterqualität:	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Schön	66.3	56.3	63.3	85.9	67.2	65.0						
Schlecht												
Niederschlag (mm):	54.7	54.7	78.8	80.7	66.2	69.5						

Übernehmen Schliessen

Zur Erzeugung der fehlenden Klimadaten wird zunächst nur der untere Bereich des Fensters sowie die Standortangaben ganz oben benötigt.

Überprüfen sie, ob die Angaben zum Längengrad und Breitengrad für ihren Standort zutreffen. L- EWTSim benötigt diese Angaben, um die Sonnenstrahlung und Sonnenscheindauer zu berechnen. Sie können einen einmal eingegebene Ort auch speichern und später wieder aufrufen.

Der untere Teil des Dialoges steuert, wie der Wetterdaten-Generator die fehlenden Wetterdaten erzeugt.

Da in der Beispieldatei bereits die relative Luftfeuchte und der Wind vorhanden sind, entfallen die Angaben zu „Differenz Tdew“ und „Tagesmittel Wind“.

Die **Trübung der Luft** kann im allgemeinen auf „mittel“ eingestellt bleiben, außer das Untersuchungsobjekt liegt in einem besonderen Reinluftgebiet oder in einem sehr belasteten Gebiet.

Die Verteilung des **Niederschlags** gibt die monatliche Summe in mm für den jeweils zugeordneten Monat an. Die Vorgabewerte entsprechen den langjährigen Mitteln für den Standort Bochum, der relativ repräsentativ für andere westdeutsche Standorte ist.

Die **Wetterqualität** eines Monats bestimmt die Verteilung der Wolken (und damit der Sonneneinstrahlung) und des Regens in diesem Monat. „Gut“ bedeutet relativ wenige Tage mit Bewölkung und die angegebene Niederschlagsmenge verteilt sich auf wenige starke Ereignisse (die absolute Menge wird nicht verändert). „Schlecht“ hingegen erzeugt mehr Tage mit dichter Bewölkung und die Niederschlagsmenge verteilt sich gleichmäßiger auf die Tage.

Wenn sie alle Einstellungen vorgenommen haben, drücken sie „Übernehmen“ und dann „Schliessen“ um den Dialog zu verlassen.

Gehen sie nun im Hauptmenü des Programms auf „Berechnen| Fehlende Klimadaten erzeugen...“. Sie haben nun die Wahl, ob die fehlenden Daten nur im Speicher (temporär) erzeugt werden sollen, oder ob sie in die Datenbank zurück geschrieben werden.

Beachten sie, dass die Erzeugung der Wetterdaten ein stochastischer Prozess ist, d.h. auch bei gleichen Ausgangsdaten werden nie zwei identische Datensets erzeugt werden !

Nachdem sie sich für eine der beiden Optionen entschieden haben, sollten nach einer kurzen Rechenzeit nun alle Klimaelemente in einer grünen Farbe dargestellt sein.

Gültigkeitsprüfung: Lufttemperatur relative Feuchte Wind Globalstrahlung Niederschlag Mitteltemperatur am Messort: 9.6 Mittlere Maximaltemperatur am Messort: 17.8
--

2.Schritt: Einrichten eines neuen Projektes: Weitere Daten

Neben den Klimadaten werden noch einige andere Informationen über den Standort benötigt, bevor eine Simulation durchgeführt werden kann. Hierzu gehören Angaben über die **Bodenbeschaffenheit** und über die **thermischen Eigenschaften eventuell zu berücksichtigender Gebäude**. Um diese zu editieren, öffnen sie erneut das Standortprofil.

Vegetation / Boden

Mittlere Höhe Vegetation (m): 0.50 Vegetationstyp: normales Gras, geschnitten

Hinweis: Versiegelte Flächen werden im Erdkanaleditor markiert.
Lassen Sie in diesem Fall diese Felder einfach auf den Startwerten stehen, sie werden ignoriert.

Bodenart vor Ort: sandiger Lehm

Relative Feuchte (Startwert %): 50.0

Wärmeleitfähigkeit (Wlf) und Temperaturleitfähigkeit (Tlf) für diese Auswahl:
Wlf= 1.69 [W/mK], Tlf=1.02 *10-6 [m²/s]

Gebäudedaten

Innentemperatur Keller (°C): 8.00

Wärmeleitfähigkeit Kellerwand (W/mK): 0.90 Dicke Kellerwand (m): 0.40

Basis- Temperatur für überbaute Flächen (°C): 10.00

Klimadaten (nur für die automatische Erzeugung benötigt)

Vegetation/ Boden

Die Angaben über die **mittlere Höhe der Vegetation** und des **Vegetationstyps** werden zur Berechnung der Verdunstungsrate benötigt. Für einen normalen Standort sollten sie immer „normales Grass“ mit einer Höhe von 50 cm wählen. Auch wenn der gesamte Erdkanal unter einer Betonfläche oder ähnlichem (z.B. einem Parkplatz) verläuft, geben sie hier „Grass“ ein, denn eine Oberflächenversiegelung wird erst bei der Definition des Erdkanals selber vorgegeben. Sollten Teile des Erdkanals unterhalb einer landwirtschaftlichen Fläche verlaufen, so können sie natürlich auch „hohes Grass, Korn“ etc wählen.

Bodenart vor Ort

Dieser Parameter gehört zu den sensibelsten Größen im L-EWTSim Programm und ist gleichzeitig einer der am schwersten zu bestimmenden Größen. Wählen Sie die Bodenart, die den Standortbedingungen am besten entspricht. Sie können die Datei Soils.dat auch um eigene Bodenarten ergänzen.

Relative Feuchte

Neben dem Bodenmaterial ist das im Boden gespeicherte Wasser maßgeblich für die thermischen Eigenschaften des Bodens verantwortlich. Geben sie hier die relative Feuchte des Bodens ein. Wenn sie das dynamische Feuchtemodell verwenden (was zu empfehlen

ist), ist dieser Wert der Startwert der Simulation und die aktuellen Feuchtwerte im Boden berechnen sich aus der Verdunstung und den Niederschlagsmengen.

Verwenden sie das Feuchtemodell nicht, so wird die Bodenfeuchte über den Simulationszeitraum konstant gehalten.

Gebäudedaten

Geben sie hier die Kennwerte der vorhandenen bzw. der geplanten Bebauung ein. Diese Werte sind wichtig, wenn der geplante Erdwärmetauscher in der Nähe (bis 5m) neben oder unterhalb von Gebäuden verlegt wird.

Die Basistemperatur für überbaute Flächen ersetzt die Lufttemperatur in jenen Segmenten, die im Kanal als „überbaut“ gekennzeichnet wurden.

3.Schritt: Eingabe des Erdkanals

Nachdem die Klimadaten und die Standortdaten nun komplett sind, kann das Standortprofil verlassen werden und zum Erdkanal-Editor gewechselt werden (Schaltfläche „EWT Daten bearbeiten...“ im Hauptbildschirm)

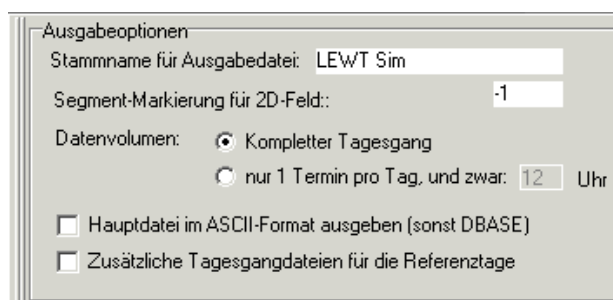
Die genau Vorgehensweise entnehmen sie bitte dem Abschnitt „Arbeitsbereich Erdwärmetauscher“ ab Seite in diesem Handbuch. Alternativ können Sie auch den bei gelegten Test-Erdwärmetauscher aus dem \daten-Verzeichnis laden.

Vergessen sie nicht, zum Abschluss den Erdwärmetauscher als Datei abzuspeichern.

Nachdem Sie einen Testkanal erstellt haben, können sie das Fenster schießen und zum Hauptbildschirm zurückkehren.

4.Schritt: Start der Simulation

Bevor die Simulation gestartet wird, sollten noch die Ausgabeoptionen den persönlichen Bedürfnissen angepasst werden.



Wählen sie einen eindeutigen Namen für ihre Simulation, wobei sie beachten müssen, dass Dateien mit dem gleichen Namen bei der Simulation ungefragt überschrieben werden.

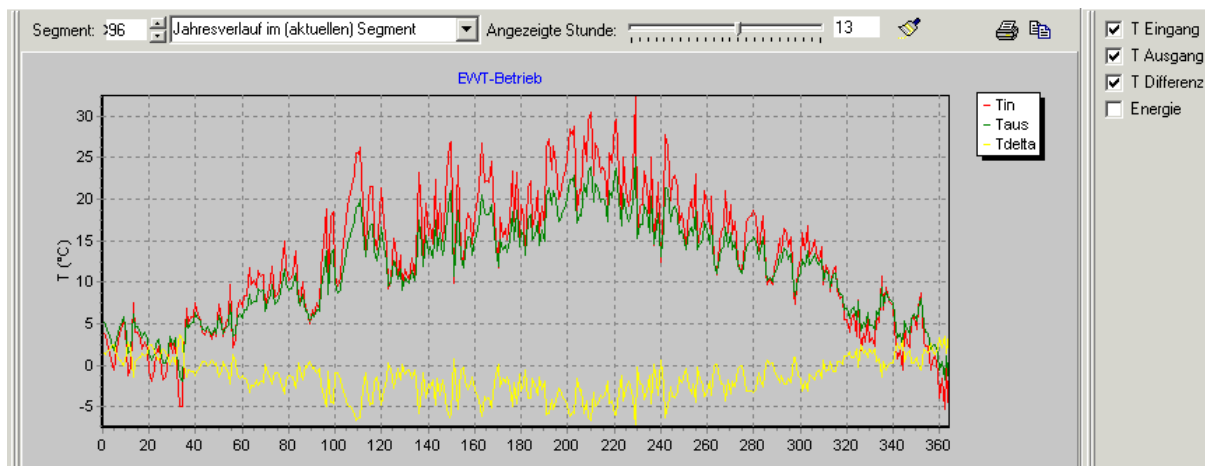
Wenn sie sich für die Temperaturverhältnisse im Boden um eine bestimmtes Segment herum interessieren, so können sie es markieren und dadurch zusätzliche Ausgabedateien erzeugen. Außerdem können die wählen, ob die Hauptdatei im ASCII oder im DBASE Format erzeugt werden soll (siehe entsprechende Abschnitte in diesem Handbuch).

Wählen Sie „Berechnen | Simulation starten...“ um die Simulation zu beginnen.

Während der Simulation können sie auf „Berechnung stoppen“ klicken, um den Vorgang abubrechen.

5.Schritt: Betrachten der Ergebnisse

LEWT Sim stellt keine ausgefeilten Routinen zur Betrachtung und Analyse der Ergebnisse zur Verfügung, da davon auszugehen ist, dass dieses ohnehin in externen Programmen erfolgt. Dennoch können sie sich mit Hilfe der graphischen Darstellung der Modelldaten einen ersten Überblick über die Ergebnisse verschaffen.



Eine genaue Beschreibung der Optionen finden sie in Abschnitt Arbeitsbereich Grafische Darstellung der Modelldaten, Seite 33 ff.

12 Formate und Inhalt der Eingabe- und Ausgabedateien

Bei der Entwicklung des Programms L-EWTSim wurde großer Wert auf die Transparenz der verwendeten Dateien gelegt und die Verwendung proprietärer Dateiformate vermieden. Für Sie als Anwender bedeutet dieses, dass eine offene Schnittstelle zum Programm geschaffen wurde, über die Sie eigene Daten einbinden können und die erzeugten Daten in anderen Programmen weiterverarbeiten können.

Alle Dateien basieren entweder auf dem auf dem DBASE/ FOXPRO Standard oder sind reine Textdateien und können somit mit fast allen gängigen Datenbanksystemen oder Visualisierungssystemen sowohl gelesen als auch geschrieben werden.

Obwohl die Dateiformate eigentlich genormt sind, existieren eine Vielzahl, z.T. untereinander inkompatibler Unterformate. Sollte die Zusammenarbeit zwischen L-EWTSim und Ihrem Programm nicht wie gewünscht funktionieren, sollten Sie eventuell auf ein anderes Austauschformat wechseln.

1. Eingangsdaten Erdkanalmodell

a) Klimadaten

Die Klimadaten sollten für den Untersuchungsort so repräsentativ wie möglich sein, d.h. möglichst vollständig und an einem vergleichbaren Standort erhoben worden sein.

Zwingend erforderlich ist die Angabe der Lufttemperatur, aber auch die relative Feuchte sollte als Meßwert vorhanden sein.

Fehlende Daten können innerhalb des Programms durch den „Weather-Generator“ künstlich erzeugt werden. In der aktuellen Version muss die Klimadatenbank immer ein komplettes Jahr umfassen.

Eingabedaten in Klimadatenbank

Nr	Name	Einheit	Beschreibung
1	TLuft	°C	Lufttemperatur (*zwingend erforderlich*)
2	rF	%	relative Feuchte (*sollte vorhanden sein*)
3	Wg	m/s	Windgeschwindigkeit
4	Glob_Str	W/m ²	Globalstrahlung

5	Ns	mm/(m ² h)	Niederschlag*
6	Wolken	8-tel	Bewölkung*

alle Felder sind vom Type Float, *= Hilfswerte, werden nur eingelesen wenn vorhanden

Die Bewölkungsdaten werden nur benötigt, wenn die Globalstrahlung oder der Niederschlag vom Weather-Generator erzeugt werden sollen. Im Allgemeinen wird dieses Feld nur geschrieben, d.h. es dient nach einer künstlichen Datenerstellung zur Kontrolle der Ergebnisse.

Wird eine Datenbank mit Bewölkungsdaten gefunden, so werden diese Angaben in jedem Fall verwendet, falls weitere Daten erzeugt werden sollen.

b) Erdkanaldatei (.EWT.DB)

Die Erdkanaldatei wird normalerweise vom Programm L-EWTSim intern angelegt und verwaltet. Um eine Schnittstelle zu anderen Programmen, z.B. CAD-Systeme anzubieten, wurde die Datei im DBASE/ FOXPRO Format angelegt, so dass sie auch von externen Programmen erzeugt und gelesen werden kann.

Wenn Sie eigene Erdkanaldateien anlegen, müssen Sie selber dafür sorgen, dass keine unrealistischen Werte im Datensatzvorkommen und der Kanal nicht die maximal mögliche Segmentzahl überschreitet

Die EWT-Kanaldatei enthält neben den Informationen über die Lage der einzelnen Segmente auch die Informationen über die verwendeten Materialien im Hauptstrang und im Register.

Der erste und zweite Datensatz einer jeden Erdkanaldatei beinhaltet den Header und ist wie folgt aufgebaut:

Dateistruktur EWT-Kanaldatei (HEADER 1)

Nr	Name	Type	Beschreibung
0	(Index)	Integer	Basis-Volumenstrom
1	(Tiefe)	Float	Länge Einzelsegment in m
2	(Anz_Rohre)	Integer	Schaltzeit für „Ein“-Zustand
3	(Abst_Rohre)	Float	Schaltzeit für „Aus“-Zustand
4	(Abst_Geb_li)	Float	Volumenstrom im „Aus“-Zustand
5	(Tief_Geb_re)	Float	Schalttemperatur Heiz-Modus

6	(Abst_Geb_re)Float	Schalttemperatur Kühl-Modus
7	(Tief_Geb_re) Float	1= 5-Tagesbetrieb aktiviert
8	(Überbaut) Integer	0= konstanter Volumenstrom, 1= Zeitschaltung 2= Temperaturschaltung 3= Zeit UND Temperaturschaltung
9	(Anmerkung) String	Name Rohrmaterial Hauptstrang

Dateistruktur EWT-Kanaldatei (HEADER 2)

Nr	Name	Type	Beschreibung
0	(Index)	Integer	NN
1	(Tiefe)	Float	Rohrradius Hauptstrang in m
2	(Anz_Rohre)	Integer	NN
3	(Abst_Rohre)	Float	Rohrdicke Hauptstrang in m
4	(Abst_Geb_li)	Float	Wärmeleitf. Rohr Hauptstrang W/mK
5	(Tief_Geb_re)	Float	Rohrradius Registerrohr in m
6	(Abst_Geb_re)	Float	Rohrdicke Registerrohr in m
7	(Tief_Geb_re)	Float	Wärmeleitf. Registerrohr W/mK
8	(Überbaut)	Integer	NN
9	(Anmerkung)	String	Name Rohrmaterial Register

Danach folgen die normalen Datensätze, pro Segment je eines. Die Gesamtzahl der Segmente ist nicht explizit gespeichert sondern geht aus der Zahl der Datensätze hervor.

Dateistruktur EWT-Kanaldatei

Nr	Name	Type	Beschreibung
0	Index	Integer	Primärindex
1	Tiefe	Float	Verlegungstiefe in m (Rohrachse)
2	Anz_Rohre	Integer	Anzahl der Rohre
3	Abst_Rohre	Float	Abstand der Rohrachsen
4	Abst_Geb_li	Float	Abstand zu linkem Gebäude (0 wenn kein Gebäude)
5	Tief_Geb_re	Float	Fundamenttiefe linkes Gebäude
6	Abst_Geb_re	Float	Abstand zu rechtem Gebäude (0 wenn kein Gebäude)
7	Tief_Geb_re	Float	Fundamenttiefe rechtes Gebäude
8	Überbaut	Integer	0= frei, 1=überbaut, 2=versiegelt
9	Anmerkung	String	(wird nicht ausgewertet, kann frei verwendet werden)

c) Rohrdaten ROHRE.DBF (global)

In der Datei sind die verschiedenen vordefinierten Rohrtypen enthalten.

Bei der Konstruktion eines Kanals können aus dieser Datei je ein Material für den Hauptstrang und ein Material für den Nebenstrang ausgewählt werden.

Die gewählten Materialien werden in der Erdkanaldatei (siehe b) mit gespeichert, eine Mitgabe der möglicherweise modifizierten ROHRE.DBF Datei ist daher nicht erforderlich !

Dateistruktur Rohrdaten			
Nr	Name	Type	Beschreibung
0	Index	Integer	Primärindex
1	Name	String	Bezeichnung des Rohrtypes
2	D_aussen	Float	Außendurchmesser des Rohres in m
3	D_innen	Float	Innendurchmesser des Rohres in m
4	Wlf	Float	Wärmeleitfähigkeit des Materials in W/(mK)

2. Ergebnisdateien des Erdkanalmodells

Das Programm erzeugt unterschiedliche Dateien, die es ermöglichen sollen, die Effizienz des Erdwärmetauschers aus allen Möglichen Blickrichtungen zu betrachten.

a1) Jahresdatei $\{Stammname\}$ *Gesamtergebnis.DBF/.TXT*

Die Hauptdatei (die wahlweise im DBASE-Format oder im reinen ASCII-Format angelegt wird) enthält Daten über die Leistung des Gesamtkanals im Laufe eines Jahres (im Folgenden *Jahresdatei* genannt)

Im Programm kann der Anwender wählen, ob er alle Stundenwerte in die Datei aufnehmen möchte oder nur einen bestimmten Stundetermin.

a2) Tagesdateien $\{Stammname\}$ *Verlauf Tag \{Tagesnr.\}.TXT*

Zusätzlich zu der Jahresdatei ist es möglich, den Tagesgang für den Gesamtkanal für Referenztage in gesonderten Dateien abzulegen (*Tagesdatei*).

Diese Referenztage sind der 15.1, 15.3, 15.6, 15.8 und der 15.9 (Tagesnummer 14, 74, 166, 225 und 258). Der Aufbau der Tagesdatei entspricht dem der Jahresdatei. Enthält die Jahresdatei alle Stundenwerte, so sind die Tagesdateien Ausschnitte aus dieser Datei.

Die Option der Tagesdateien wurde gewählt, um dem Anwender das Extrahieren und Verwalten der Modellergebnisse zu vereinfachen.

Auflistung der Spalten „Jahresdatei“

Auflistung der Spalten „Tagesdatei“

1	Index	-	Datenzähler (nur beim Text-Format)
2	Tag	-	Nummer des Tages (1- 365)
3	Stunde	-	Stunde (0-23)
4	T_ein	°C	Eingangstemperatur erstes Segment (= Lufttemperatur)
5	T_aus	°C	Ausgangstemperatur letztes Segment
6	T_delta	K	Differenz Austritt- Eintrittstemperatur
7	Volstrom	m ³ /h	Volumenstrom (Basiswert)
8	rFeuchte	%	relative Luftfeuchte
9	e	kPa	aktueller Dampfdruck
10	Esat	kPa	Sättigungsdampfdruck

11	Wind	m/s	Windstärke
12	Glob_Str	W/m ²	Globalstrahlung
13	Lw_Str	W/m ²	Langwellige Gegenstrahlung d. Atmosphäre
14	Net_Bod	W/m ²	Nettostrahlung des Bodens
15	G	W/m ²	Bodenwärmestrom
16	ra	-	Transferwiderstand der Oberfläche (siehe Modellbeschreibung)
17	p_Verd_mm	mm/h	potentielle Verdunstung in mm pro Stunde
18	r_Verd_mm	mm/h	tatsächliche Verdunstung in mm pro Stunde
19	p_Verd_W	W/m ²	potentielle Verdunstung in W/m ²
20	Eta_Kanal	m ³ /m ³	volumetrischer Wassergehalt der Schicht, in der der Kanal liegt
21	Eta_z1	m ³ /m ³	volumetrischer Wassergehalt der Schicht z=1 ¹
22	Eta_z3	m ³ /m ³	volumetrischer Wassergehalt der Schicht z=3
23	Eta_z5	m ³ /m ³	volumetrischer Wassergehalt der Schicht z=5
24	Wolken	8-tel	Bewölkung (nur wenn künstlich generierte Klimadaten)
25	Nieders	mm/m ²	Niederschlag

B) Kanaldatei {*Stammname*}Kanal Tag {*Tagesnr.*}.TXT

An den Referenztagen werden zudem bei jedem Lauf Textdateien erzeugt, die Aufschluss über den Temperaturverlauf innerhalb und entlang des Erdkanals geben (im folgenden *Kanaldatei* genannt).

Auflistung der Spalten „Kanaldatei“

1	SegNr	-	Zähler Kanalsegment
2	m	m	Laufende Meter Erdkanal bis hier
3	Rohre	-	Anzahl der Rohre
4	T_ein	°C	Eingangstemperatur in dieses Segment
5	T_aus	°C	Ausgangstemperatur aus diesem Segment
6	dT(imSeg)	K	Differenz Austritt-Eintrittstemp. in diesem Segment
7	dT(imKanal)	K	dito, für gesamten Kanal bis hier
8	Vol_Strom	m ³ /h	Volumenstrom in diesem Segment
9	alpha	W/m ² s	Wärmeübergang im Segment

C) 2D-Datei {Stammname}2D Feld Seg {Segmentnr.}Tag {Tagesnr.}.TXT

Außerdem besteht die Möglichkeit, ein Segment innerhalb des Kanals zu markieren (=auszuwählen).

In diesem Fall wird an den 5 Referenztagen zudem das zweidimensionale Temperaturfeld im Erdreich sowie die Bodenfeuchte um das Segment ausgegeben („2D-Datei“). (Da die Bodenfeuchte nur eindimensional bestimmt wird, ist allerdings nur eine vertikale Verteilung zu sehen).

Auflistung der Spalten „2D-Datei“			
1	X	m	x-Koordinate
2	Z	m	z-Koordinate
3	T	°C	Erdtemperatur bzw. Oberflächentemperatur Erdkanal
4	eta	m ³ /m ³	volumetrischer Wassergehalt