



# Benutzerhandbuch für das Pflanzenmodell BioSTAR

Version 0.5.5

**Entwickler: Roland Bauböck, Cesar Revilla**

## Softwareanforderungen

Java Runtime Environment 7 (alle Versionen bis Update 25 mit 32 or 64 bit funktionieren)  
und Microsoft Office Access 2007/2010 (32 oder 64 bit).

**Achtung:** Die installierte Office Version und die Version Java Runtime Environment müssen beide entweder 32 or 64 bit sein.

## Inhaltsverzeichnis

1. Fähigkeiten der BioSTAR Software	2
2. Kurze Beschreibung der Modellfunktionen	2
3. Datenanforderungen	6
4. Software Design	10
5. Einstieg in die Modellierung mit BioSTAR	10
5.1 Die grafische Benutzeroberfläche von BioSTAR	10
5.2 Schritt für Schritt zum Simulationsergebnis	13
5.2.1 Datenbankauswahl	13
5.2.2 Location (Boden) Tabellen (7_Name)	13
5.2.3 Weather Data Tables (Wettertabellen) (8_name)	16
5.2.4 Result Data Tables (Ergebnistabellen) (9_Name)	22
5.2.5 Pflanzenvariablen (1_Crops)	23
5.2.7 Metadatentabellen (0_Name und 2_Name)	26
6. Literatur	27

## **1. Fähigkeiten der BioSTAR Software**

BioSTAR (Biomass Simulation Tool for Agricultural Resources) ist ein generisches Pflanzenmodell, welches insbesondere für die Ertragsmodellierung von boden- und klimaabhängigen Agrarbiomassepotenzialen entwickelt worden ist.

Derzeit lassen sich mit dem Modell die standortbezogenen Erträge und Wasserverbrauchparameter für verschiedene Winterungen, Sommerungen und die Dauerkulturen durchwachsende Silphie und schnellwachsende Baumarten berechnen. Es können jedoch auch neue Kulturarten hinzugenommen werden, sofern die erforderlichen Pflanzenparameter (siehe Pflanzenparameter unten) bekannt sind.

Simulationen können entweder mit Tages- oder Monatsmitteln von Wetterdaten durchgeführt werden.

Aufgrund der Softwarearchitektur des Modells (Ein- und Ausgabedaten werden in Access-Datentabellen hinterlegt) lassen sich große Datensätze mit vielen Einzelflächen leicht importieren und verarbeiten.

Durch die Vergabe von standortbezogenen Identifikationsnummern lassen sich die von BioSTAR generierten Ausgabewerte leicht in ein GIS importieren und somit räumlich darstellen.

Typische Ausgabewerte des Modells sind z.B. die potenzielle oberirdische Biomasse einer Kultur, der Fruchtertrag, der Bodenwassergehalt am Ende des Modellierungszeitraumes oder die Wasserverbrauchparameter der Kultur sowie eine eventuelle Versickerung an einem Standort.

## **2. Kurze Beschreibung der Modellfunktionen**

- Biomasseakkumulation
- Bestandesentwicklung
- Blattflächenentwicklung
- Evapotranspiration
- Bodenwasserhaushaltsmodell

## **Biomasseakkumulation**

BioSTARs primärer Wachstumsmotor (Biomasseakkumulationsmethode) ist kohlenstoffbasiert (Azam Ali, et al., 1994), aber alternativ kann auch eine strahlungsbasierte Methode (RUE-Methode), eine Wasserproduktivitätsmethode (WP-Methode) oder eine transpirationsbasierte (BTR-Methode) vom Benutzer für die Simulation des Biomassezuwachses verwendet werden. Die Kohlenstoffbasierte (CO<sub>2</sub>) Methode verwendet hierfür pflanzenspezifische CO<sub>2</sub>-Austauschfunktionen und Veratmungskoeffizienten, um die Nettoakkumulation von Biomasse in Tagesintervallen zu simulieren. Auch wenn nur Klimamonatswerte vorliegen, werden diese in Tagesschritten verarbeitet.

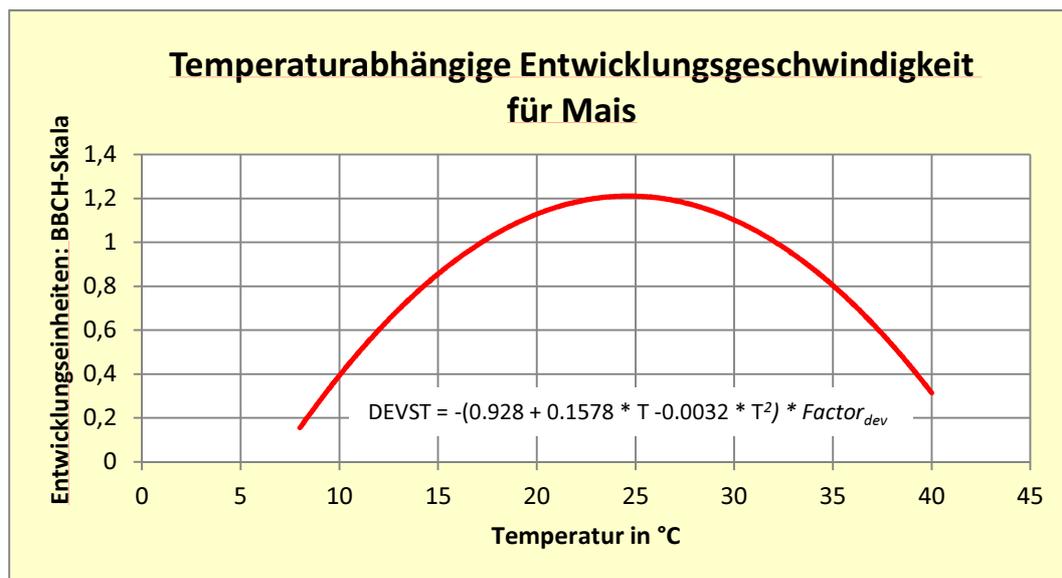
Die Netto-Biomasseakkumulation kann hiernach durch pflanzenspezifische Temperaturreaktionskurven und eventuelle vorliegende limitierende Einflüsse von Wasser- und Stickstoffmangel im Bodenprofil abgesenkt werden.

Im Falle der strahlungsbasierten Methode wird ein empirischer, pflanzenspezifische Faktor, die Strahlungsnutzungseffizienz (radiation use efficiency, RUE) (Monteith, 1977) verwendet, um die tägliche Biomasseakkumulation pro Flächeneinheit zu berechnen.

Im Falle der Wasserproduktivitätsmethode (WP-Methode) wird ebenfalls ein empirisch ermittelter Faktor (WP) Steduto et al. (2007) verwendet, um über das Verhältnis von Transpirationswasser zu Biomassebildung pro Flächeneinheit den Ertrag zu simulieren.

Die vierte Methode berechnet die tägliche Biomasseakkumulation über eine Gleichung aus atmosphärischem Dampfdruckdefizit, dem Biomasse-Transpirationskoeffizienten (biomass transpiration ratio, BTR) und der aktuellen Transpirationsrate (Tanner and Sinclair, 1983).

Je nach Wahl der ET<sub>0</sub>-Methode (es stehen vier im Modell angelegte Methoden zur Verfügung), können auch mit reduzierten Wetterdatensätzen (z.B. nur Temperatur und Niederschlag) Simulationen durchgeführt werden (siehe unten: erforderliche Eingangsdaten).



**Abbildung 1:** Temperaturabhängige Entwicklungsgeschwindigkeitskurve für Mais (Einheiten der y-Achse sind BBCH-Stadiumszuwächse pro Tag).

### Pflanzenentwicklung

Die Simulation der Bestandesentwicklung im Verlauf einer Simulationsperiode wird über pflanzenspezifische Entwicklungskurven erreicht und als BBCH/EC-Stadiumswert wiedergegeben. Diese Skala läuft von 0 (Aussaat) über 48 (maximale Blattfläche), 65 (Blüte) bis zur Vollreife (90-100). Ausnahmen bilden hierbei die mehrjährigen Kulturen, bei denen zwar dieselbe Entwicklungsskala verwendet wird, bei denen aber die numerischen Werte nicht den jeweiligen Entwicklungsstadien (sie gelten primär für Getreide) entsprechen.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit einer Kultur kann für sechs verschiedene Perioden in der Pflanzenentwicklung angepasst und somit kalibriert werden (siehe unten: Pflanzenparameter).

Die Entwicklung der Winterungen enthält z.B. immer eine Winterruhe und läuft, je nach Kultur von Ende August eines Jahres bis zum Sommer des folgenden Jahres.

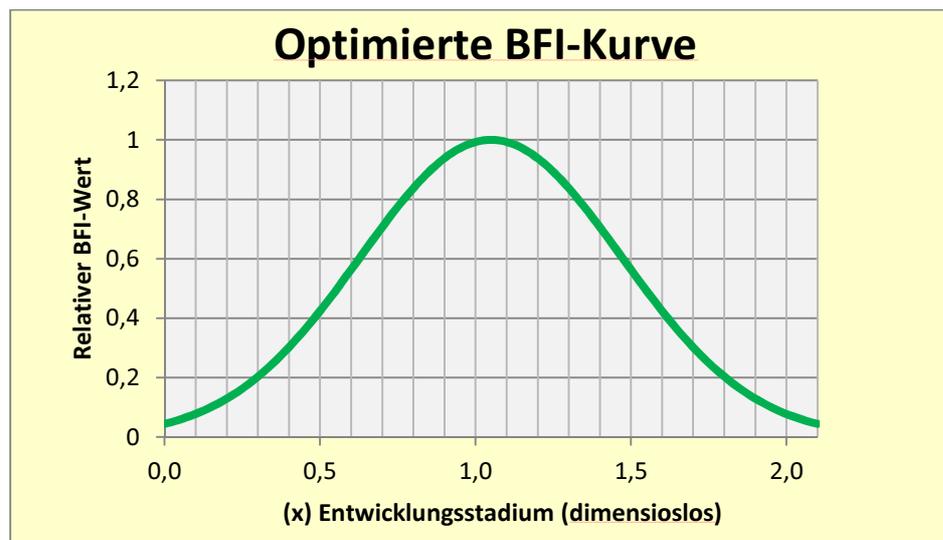
Die Entwicklung von Sommerungen läuft typischerweise von März/April eines Jahres bis zum Sommer oder Herbst desselben Jahres.

Die Entwicklung der mehrjährigen Kulturen (KUP, Silphie) läuft typischerweise vom Frühling eines Jahres bis zum Herbst oder Winter des folgenden (Silphie) oder des dritten, vierten oder fünften Jahres (KUP). Im Gegensatz zu anderen Pflanzenmodellen verwendet BioSTAR keine Wachstums-Gradtage, um die Pflanzenentwicklung zu steuern, sondern temperatur- und pflanzenparameterabhängige Wachstumskurven, die in Tagesschritten die Wachstumsgeschwindigkeit des Bestandes vorgeben (Abbildung 1).

## Blattflächenausdehnung

BioSTAR benutzt eine optimierte BFI (Blattflächenindex) Kurve, um Blattflächenexpansion und Seneszenz im Verlauf der Bestandesentwicklung zu simulieren.

Diese optimierte BFI-Kurve folgt einer Gauss'schen Normalverteilungskurve mit dem Scheitelpunkt der Kurve im Bereich der maximalen Blattexpansion (dimensionsloses Entwicklungsstadium = 1-1,1 ; BBCH-Stadium = 60) (Abbildung 2). Der Scheitelpunkt der Kurve kann über das Modell vom Benutzer für jede Kultur erhöht oder abgesenkt werden.



**Abbildung 2:** Optimierte BFI-Kurve mit dimensionslosem Entwicklungsstadium auf der x-Achse und dem relativen BFI-Wert auf der y-Achse.

## Evapotranspiration

BioSTAR bietet dem Nutzer vier verschiedene Methoden zur Berechnung der Wasserhaushaltskomponenten Evaporation und Transpiration an. Die Fotosynthesebasierte Methode nutzt den berechneten Brutto  $\text{CO}_2$ -Umsatz des Modells um die entsprechenden Transpirationsverluste über die Pflanzenstomata zu bestimmen.

Die Basis für diese Methode ist die Annahme, dass der sich verändernde Gradient von Wasserdampf vom Blattinneren zur Atmosphäre, der Gradient von  $\text{CO}_2$  vom Blattinneren zur Atmosphäre sowie die Moleküldurchmesser der beiden Gase das Austauschverhältnis und die Austauschmengen zwischen Blatt und Atmosphäre bestimmen. Daher lässt sich die Transpirationsrate mit der Kenntnis der Fotosyntheserate bestimmen. Eine entsprechende Bodenevaporationsrate wird mit Hilfe einer exponentiell abnehmenden BFI-Funktion und einer Evapotranspirationsgleichung nach Turc berechnet.

Methoden 2,3 und 4 sind häufig verwendete  $ET_0$  – Berechnungsmethoden (Penman-Monteith, Turc, Blaney-Criddle). Jede der vier Methoden kann mit einer der vier Wachstumsmotoren kombiniert werden, sofern die erforderlichen Klimaparameter vorhanden sind.

### **Bodenwasserhaushalt**

Der Bodenwasserhaushalt wird in einem mehrschichtigen, eindimensionalen Modell dargestellt. Die einzelnen Bodenschichten (1-16) erhalten vom Benutzer spezifizierte Bodenartenkürzel bzw. Namen, über die das Programm die erforderlichen Parameter (van Genuchten) zur Berechnung der vom Bodenwassergehalt abhängigen Saugspannung einliest. Wasserbewegungen können sowohl abwärts (bei Sättigung) als auch aufwärts (Stauschicht) gerichtet sein. Liegt ein anhand von Bodenuntersuchungen ermittelter Wert für die nFKWe (nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum in mm) vor, so kann dieser verwendet und in die Bodentabellenspalte (Spalte NFKWE) eingetragen werden. Liegt ein Wert für die aus dem Grundwasser verfügbare Wassermenge (in mm pro Tag) vor (kapillarer Aufstieg bei grundwasserbeeinflussten Böden), so kann dieser in der Spalte "H2OCAPD" eingetragen werden. Der Bodenwasserhaushalt wird nach einer einfachen Bilanzierung (Zustrom in eine Schicht von oben plus Aufstieg aus dem Grundwasser minus Entnahme durch die Wurzeln und Verdunstung (Schicht 1) minus Versickerung in die untere Schicht) vorgenommen.

### **3. Datenanforderungen**

Die Eingabedaten die für eine Simulation notwendig sind bestehen aus einem Satz Wetter- und Bodendaten, die jeweils die Verhältnisse an einem Standort wiedergeben.

Die Wetterdaten können entweder monatlich gemittelt (mittlere Tagestemperatur, mittlere Luftfeuchte, mittlerer Strahlungswert, mittlere Windgeschwindigkeit, Summe des Niederschlages) oder als Tageswerte vorliegen.

Die Bodendaten müssen als Körnungsklasse nach FAO/WRB (USDA) oder nach der deutschen KA4/KA5 oder nach der Bodenschätzung für jeden Horizont klassifiziert sein (Abbildungen 3 und 4). Sind keine Horizonte bekannt oder ist das Bodenprofil homogen, kann auch eine Körnungsklasse für alle Bodenschichten angegeben werden.

**Minimum an erforderlichen Wetterdaten:**

- Niederschlag in mm (Tages- oder Monatssumme)
- Mittlere Temperatur in Grad Celsius (Tages- oder Monatswerte)

**Optionale Wetterdaten:**

- Globalstrahlung in Joule pro  $\text{cm}^2$  pro Tag oder als Mittelwert für einen Monat
- Mittlere Luftfeuchte (Tag, Monat) als Anteil von 1 (1 = 100%)
- Mittlere Windgeschwindigkeit in  $\text{cm/s}$  (Tag, Monat)

**Anmerkung:** Wenn nur Niederschlag und Temperatur als Input verfügbar sind, kann das Modell nur mit der WP-Methode betrieben werden (siehe 1) und die  $\text{ET}_0$ -Methode muss in diesem Fall temperaturbasiert sein (Blaney-Criddle). Wenn mindestens Niederschlag, Temperatur und Strahlung verfügbar sind, kann das Modell mit der RUE-Methode betrieben werden, und die  $\text{ET}_0$ -Methode muss strahlungs- und temperaturbasiert sein (Turc), oder einfach temperaturbasiert sein (Blaney-Criddle). Wenn mindestens Niederschlag, Temperatur und Luftfeuchtedaten verfügbar sind, kann das Modell mit der BTR- und der WP-Methode betrieben werden. Die  $\text{ET}_0$ -Methode muss in diesem Fall temperaturbasiert sein (Blaney-Criddle).

Für Simulationen in ariden Gebieten mit unter 50% rel. LF, kann die Turc  $\text{ET}_0$ -Methode verwendet werden, allerdings müssen hierfür die ggf. fehlenden Luftfeuchtegehalte durch Schätz- oder Vergleichswerte in der "HAIRFR"-Spalte (Anteil Luftfeuchte) ergänzt werden. Wenn Niederschlag, Temperatur, Strahlung, Luftfeuchtegehalte und Windgeschwindigkeit vorliegen, kann das Modell mit allen Wachstums- und  $\text{ET}_0$ -Methoden betrieben werden.

Alle  $\text{ET}_0$ -Methoden können mit allen Wachstumsmotoren (Wachstumsmethoden) kombiniert werden, wenn alle Eingangsdaten vorliegen.

Sollte die Windgeschwindigkeit nicht vorliegen (erforderlich für die  $\text{CO}_2$ - und die Penman-Monteith  $\text{ET}_0$ -Methode, kann diese als Näherungswert in die Wetterdatentabelle eingetragen werden. Dies ist daher möglich, da die Variabilität der Windgeschwindigkeit im Durchschnittsbereich (keine Sturmweatherlage o.ä.) sich nur geringfügig auf die Verdunstung auswirken.

Als Richtwerte für eine Schätzung der mittleren, normalen Windgeschwindigkeit kann angenommen werden:

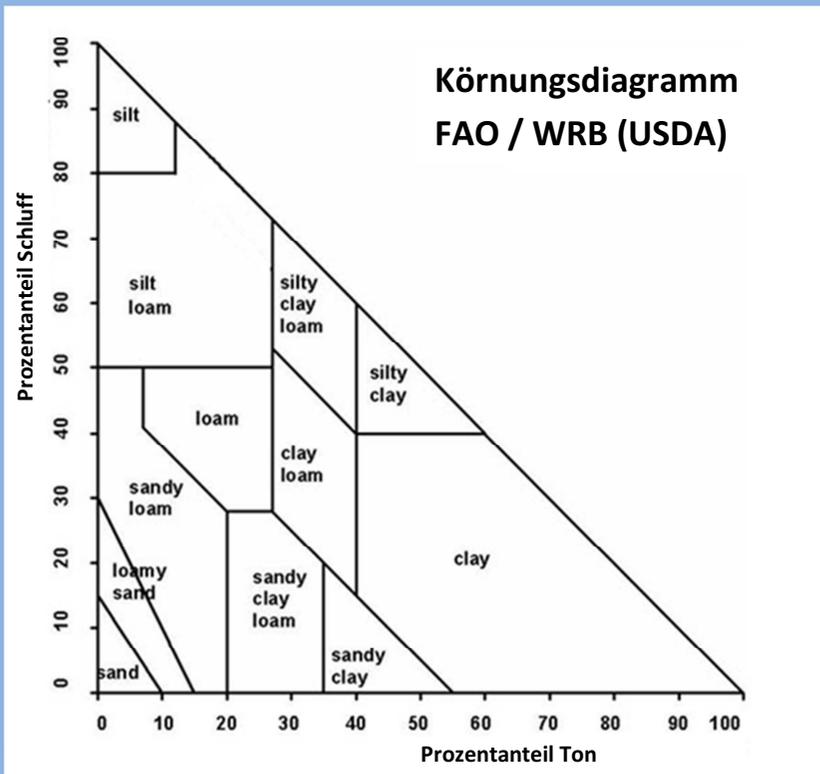
Orte mit niedrigen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten: 1-2 m/s

Orte mit mittleren durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten: 2 -3 m/s

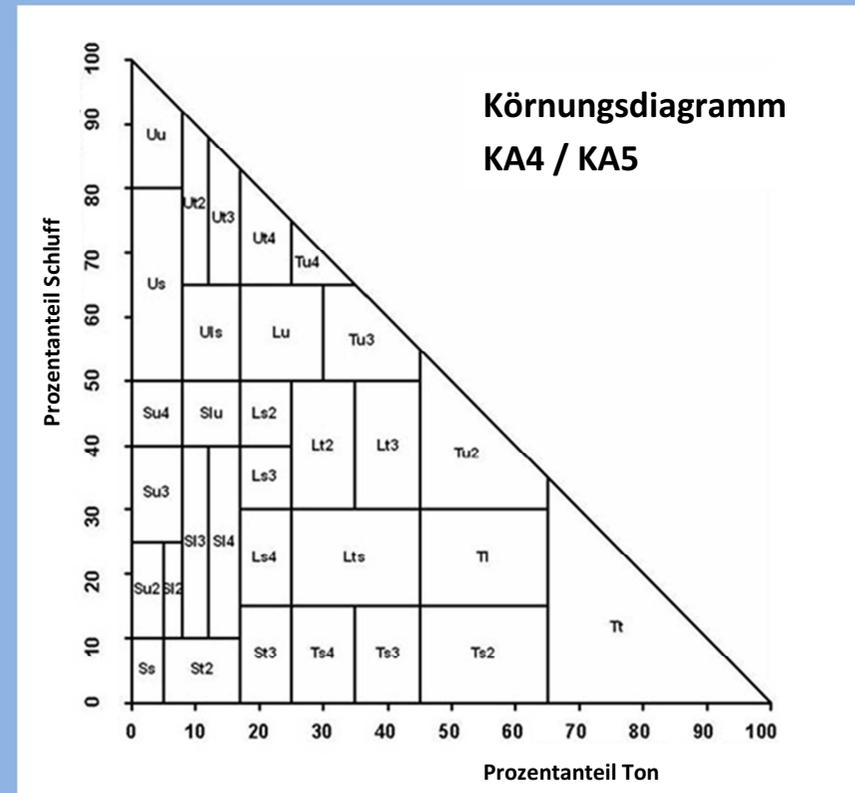
Orte mit hohen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten: 3-5 m/s

**Erforderliche Bodendaten:**

- FAO/WRB (USDA) oder Deutsche KA4/KA5 oder Bodenschätzungs-Korngrößenverteilungen für alle Horizonte des Bodenprofils oder selbst parametrisierte Bodenart
- Optionale Daten:
- Organischer Stickstoffgehalt im Bodenprofil (Pool für langsam und schnell mineralisierbaren organischen Stickstoff) in kg pro Hektar



**Abbildung 3:** Körnungsdigramm (FAO /WRB (USDA))

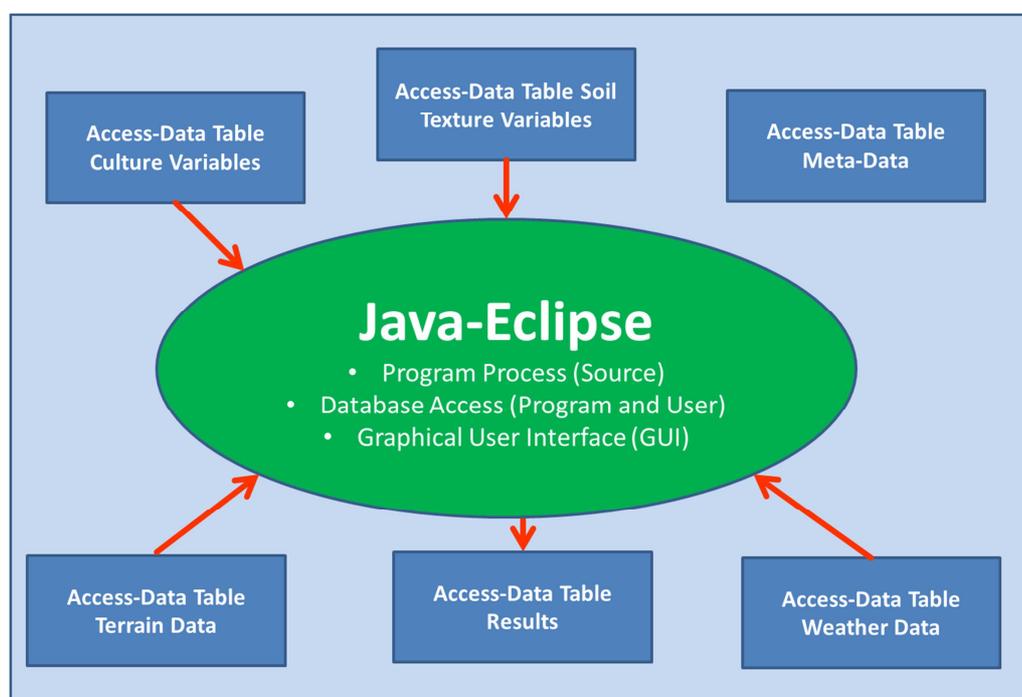


**Abbildung 4:** Körnungsdigramm (KA4 und KA5)

## 4. Software Design

Im Gegensatz zu anderen Pflanzenmodellen (AquaCrop, CropSyst), benutzt BioSTAR keine Textdateien um Ein- und Ausgangsdaten (Wetter, Boden, Ergebnisse) des Modells zu speichern.

Hingegen benutzt BioSTAR Microsoft Access Datentabellen in denen Standortdaten (Boden und Wetter), Pflanzen- und Bodenartenvariablen zusammen hinterlegt sind. Modellausgabedaten werden in derselben Datenbank in neu generierten Tabellen hinterlegt und können dort ausgelesen oder exportiert werden (Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Diagramm der BioSTAR Software Struktur

## 5. Einstieg in die Modellierung mit BioSTAR

### 5.1 Die grafische Benutzeroberfläche von BioSTAR

Die Benutzeroberfläche von BioSTAR (Abbildung 6) ist einfach gehalten und für den Start einer Simulation sind nur wenige nutzerspezifische Einstellungen erforderlich.

Direkt unter den "File" und "Help" Menüs wird der aktuell angewählte Pfad zur Datenbankverbindung angezeigt. Mit der "Search" Taste kann eine neue Datenbankverbindung ausgewählt werden.

Unter der Datenbankauswahl befinden sich fünf Auswahloptionen (*Process, Process Log, Results, Statistics and, Error Log*). Beim Programmstart von BioSTAR ist automatisch die Process-Option angewählt.

### **“Process“ (Programmablauf) und “Process Log“ (Ablaufnachverfolgung)**

Unter der Option “Process“ können neue Datenbanktabellen generiert, Benutzereinstellungen für Simulationen verändert und Simulationen gestartet werden.

Unter der Auswahl “Process Log“ wird für jeden Simulationslauf zur Überprüfung eine kurze Zusammenfassung der Simulationsparameter (welche Daten wurden verarbeitet, Ergebnisse der einzelnen ausgeführten Simulationseinheiten) ausgegeben.

Zur schnellen Einsicht (ohne in die Datenbank gehen zu müssen) wird unter der Option “Results“ zu jeder Simulation eine Ergebnistabelle von Ergebnissen angelegt.

### **“Results“ (Ergebnisse)**

Unter der Option “Results“ werden alle erfolgreich durchgeführten Simulationen mit ihren Ergebnissen aufgelistet. In Abhängigkeit von den Eingangsdaten (Wetter, Boden) werden die Simulationsläufe in dem Ausklappmenü “Result Tables“ aufgelistet. Gibt es mehr als einen Simulationslauf mit denselben Eingangsdaten werden die verschiedenen Läufe unter dem Menü “Run No.” In der entsprechenden Reihenfolge ihrer Generierung aufgelistet. Parallel dazu werden die Ergebnisdaten in die “Results“ Tabelle in der jeweiligen Access Datenbank geschrieben.

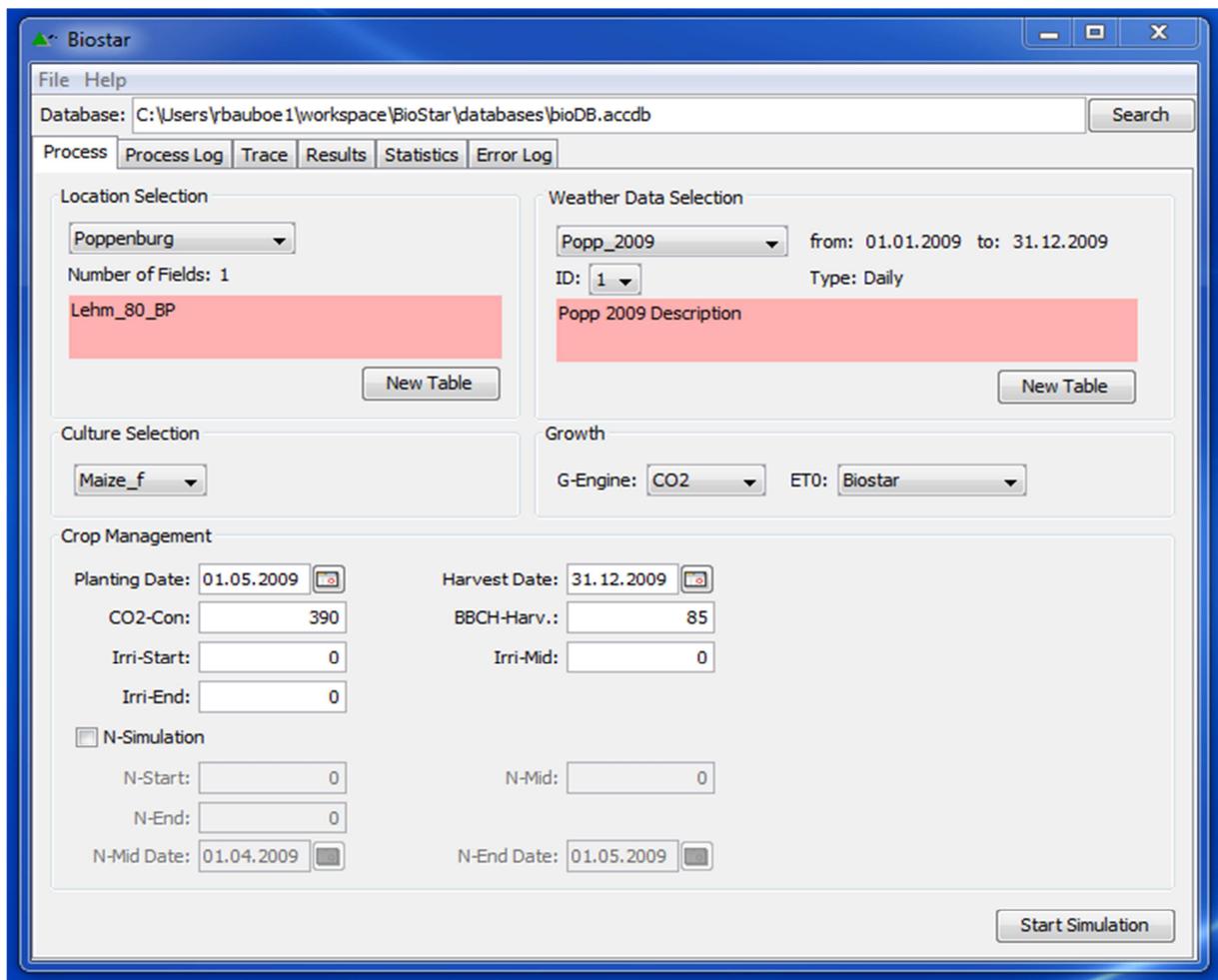
### **“Trace“ (Nachverfolgung) Menü**

Unter diesem Menüpunkt können Entwicklungs- und Verlaufskurven verschiedener Variablen im Verlauf der Simulation als Kurven angezeigt werden.

### **“Error Log (Fehlerdokumentation)**

In der Fehlerdokumentation werden Fehlermeldungen angezeigt die während einer Simulation aufgetreten sind.

Unter den erläuterten Menüpunkten Process, Process Log, Results, Statistics und Error Log befinden sich die Auswahlfelder für die Bodendaten (Location Selction) und die Wetterdaten (Weather Data Selection) sowie für die Auswahl der Kultur (Crop Selection), die Wachstumsmethode (G-Engine) und die Auswahl der Verdunstungsmethode (ET0). In der unteren Hälfte der Benutzeroberfläche können Bewirtschaftungseinstellungen vorgenommen (Crop Management), und die Stickstoff-simulation aktiviert und Düngergaben eingestellt werden.



**Abbildung 6:** Die grafische Benutzeroberfläche der BioSTAR Software.

## 5.2 Schritt für Schritt zum Simulationsergebnis

### *Erster Schritt: Datenbankauswahl*

#### 5.2.1 Datenbankauswahl

Wenn BioSTAR zum ersten Mal geöffnet wird, ist der Pfad zur Access Datenbank (C:\) (Abbildung 7) noch offen und muss daher erst angewählt werden. Hierzu die mitgelieferte (oder heruntergeladene) Datenbank bioDB\_sample.accdb über den "Search" Knopf anwählen. Diese Datenbank enthält alle Voreinstellungen und Metadaten die für den Programmbetrieb benötigt werden.

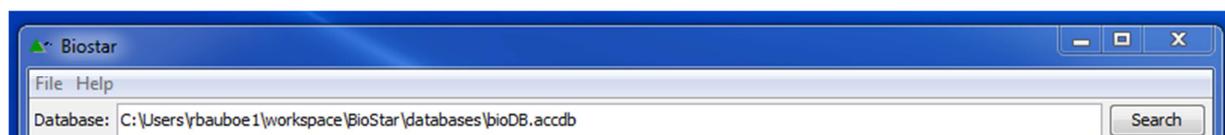
Metadaten (Erklärung hierzu unten) sollten nicht vom Benutzer geändert werden.

Durch kopieren dieser Datenbank (bioDB\_sample.accdb) kann diese Datenbank in beliebigen Ordnern abgelegt und umbenannt werden. Auf diese Weise lassen sich Projekte deren Daten voneinander getrennt bleiben sollen gut verwalten und ordnen.

Wenn eine Datenbankverbindung ausgewählt ist, erscheinen in den Auswahlmenüs für den Bodenstandort und das Wetter (Location Selection, Weather Data Selection unter dem "Process" Menü) die in der Datenbank enthaltenen Boden- und Wettertabellen.

Wenn noch keine entsprechenden Tabellen in der Datenbank enthalten sind, bleiben die beiden Menüs leer.

Unter den Menüs werden Zusatzinformationen zu den Datentabellen angezeigt.



**Abbildung 7:** Datenbankauswahlfeld und "Search" Knopf

### *Zweiter Schritt: Boden- und Wetterdaten (Location Selection, Weather Data Selection)*

#### 5.2.2 Location (Boden) Tabellen (7\_Name)

Boden (Location) Tabellen werden mit einem nutzerspezifisierten Namen und einer automatisch vorangestellten 7 in der Access Datenbank gelistet (Abbildung 13).

**Anmerkung:** wenn Tabellen von Hand (durch Kopieren und Einfügen) generiert werden oder umbenannt werden, muss auf die richtige Präfix Nummer (z.B. 7 für Bodentabellen) geachtet werden

Alle Einträge in einer Bodentabelle enthalten eine vom Benutzer vergebene Flächennummer (FIELD\_NO) und eine Wetteridentifikationsnummer (WEATHER\_ID).

Bodentabellen enthalten alle Bodeninformationen (Bodenart, Horizonte, Feldkapazität geogr. Breite, Anfangswassergehalt in %) einer Fläche oder mehrerer Flächen eines Standortes. Zusätzlich können hier auch noch Informationen zu den organischen Stickstoffgehalten in den Bodenprofilen hinterlegt werden.

Bodentabellen enthalten entweder eine oder mehrere Einzelflächen (Bodeneinheiten). Softwaretechnisch sind sehr große Datensätze (z.B. Landkreise oder ganze Bundesländer in der Größenordnung  $10^6$  Flächen) möglich, aus praktikablen Gründen (Übersichtlichkeit, Länge der Verarbeitung durch das Programm) bieten sich jedoch kleinere Datensätze eher an. Wenn mehrere Einzelflächen in einer Bodendatei enthalten sind, dann müssen diese über eine eindeutige Zuweisung zu einem Wetterdatensatz bekommen. Dies wird über die "Weather ID" (Wetter ID) erreicht. Sollen alle Bodendatensätze einer Bodendatei mit demselben Wetterdatensatz verarbeitet werden, bietet es sich an für alle Bodendatensätze und den Wetterdatensatz eine 1 einzeln zu vergeben.

**Anmerkung:** Auch wenn nur ein Boden- bzw. Wetterdatensatz in einer Datentabelle enthalten ist, muss eine Wetter ID vergeben werden (Bsp. Die 1).

Die Wetter ID verknüpft die Bodendaten mit den Wetterdaten (entweder 12 Einträge in einer Tabelle für Monatsmittel oder 365/366 Einträge für Tagesdaten).

Weil große Bodendatentabellen mit vielen Einzelflächen (die alle einen eigenen Klimadatensatz besitzen) extrem große Tages-Klimadatentabellen benötigen würden (Bodenflächen multipliziert mit 365/366), bietet es sich an für solche Datensätze nur Monatsmittelwerte für das Klima zu verwenden.

Bodendatensätze sollten immer eine Eindeutige Flächennummer (FIELD\_NO) vom Nutzer zugeteilt bekommen, sofern diese nicht schon über ein GIS (Geografisches Informationssystem) mitgeliefert worden sind. Diese ID ermöglicht das anschließende Verbinden der BioSTAR-Ausgabedaten mit einer Datentabelle im GIS.

Das Modell ist derzeit so ausgelegt, dass zwischen maximal 16 verschiedenen Bodenhorizonten (Dezimeterintervalle) im Bodenprofil unterschieden werden kann. Wenn

über mehrere Dezimeterintervalle kein Bodenartenwechsel auftritt, wird einfach für die entsprechenden Schichten immer das gleiche Bodenartenkürzel eingetragen.

**Anmerkung:** Die Schicht “HOR\_DEEP“ bezeichnet den Bereich des Bodenprofils der unterhalb 150 cm liegt. Ab hier wird von einer homogenen Bodenschicht ausgegangen. Für die Modellverbesserung besteht hier noch Anpassungsbedarf, für die Modellierung von Ackerkulturen, mit deren relativ geringen Wurzeldichte unterhalb 150 cm, ergeben sich hier aber vermutlich nur geringe Verzerrungen hinsichtlich des Wasserhaushaltes.

Jedes der 16 Dezimeterintervalle in einem Bodenatensatz muss mit einem alphanumerischen Kürzel versehen werden.

Alle Kürzel und Bodenartenbezeichnungen sind in der Datenbank *bioDB\_sample.accdb* in der Tabelle “HorizonVariables” hinterlegt und können in dieser Form für die Bodendateneinträge verwendet werden oder aus Abbildungen 3 und 4 entnommen werden.

Wenn im Bodenprofil eine nicht-durchwurzelbare Schicht auftritt, so muss in der entsprechenden Dezimeterschicht das Wort ”imper” (impermeable = engl. undurchdringbar) eingefügt werden.

Steht in einer Schicht Grundwasser an oder existiert eine Wasserstauende Schicht, so muss in diesem Dezimeterintervall “water” stehen (Abbildung 8).

ID	FIELD_NO	HOR1	HOR2	HOR3	HOR4	HOR5	HOR6	HOR7	HOR8	HOR9	HOR10	HOR11	HOR12	HOR13
391	125796	ll	ll	ll	ll	ll	ll	tl	tl	imper	imper	imper	imper	imper
392	125797	lu	lu	lu	lu	lu	lu	tu	tu	tu	tu	tu	ss	ss
393	125798	lu	lu	lu	lu	lu	imper	imper						
394	125799	ll	ll	ll	ll	ll	ll	ut	ut	imper	imper	imper	imper	imper
395	125803	ut	ut	ut	ut	ut	ut	water						
396	125804	lu	lu	lu	lu	lu	lu	tu	tu	tu	tu	tu	ss	ss
397	125806	lu	lu	lu	lu	lu	lu	lu						
398	125807	lu	lu	lu	lu	lu	lu	tu	water	water	lu	lu	lu	lu
399	125808	lu	lu	lu	lu	lu	lu	tu	tu	tu	tu	tu	ll	ll

**Abbildung 8:** Bodenschichten (1-13) in einer Bodentabelle mit Bodenartenkürzeln aus der KA5 (ll, tl, lu, tu, ut, ss) und den Einträgen “water” und “imper”.

Weitere Informationen, die in der Bodentabelle (“Location“) hinterlegt sind, sind die NFKWE (nutzbare Feldkapazität in effektiven Wurzelraum) und die Wassermenge, die potenziell kapillar aus dem Grundwasser aufsteigen kann (H2OCAPD). Beide Einheiten hierfür sind in mm, die NFKWE in mm pro m<sup>2</sup> Boden und die H2OCAPD in mm pro Tag.

Beide sind optionale Daten und werden vom Programm verarbeitet wenn sie zur Verfügung stehen.

Wenn “N-Sim” (Stickstoffsimulation) aktiviert ist (Häkchen bei “N-Simulation” in den Management Optionen gesetzt), müssen die Felder “NPOOL\_S” and “NPOOL\_F” mit Daten gefüllt werden. Einzutragen sind hier die geschätzten oder gemessenen Stickstoffmengen (organisch) im Boden in kg pro Hektar, die jeweils der schnell (NPOOL\_F) oder der langsam (NPOOL\_S) mineralisierbaren Fraktion zuzurechnen sind.

Die letzten drei Spalten enthalten jeweils die geografische Breite des Standortes (gerundete Grad ohne Minuten), die Wetter ID (WEATHER\_ID). Auch wenn keine Verknüpfung mit einem speziellen Wetterdatensatz gewünscht ist, muss hier ein numerischer Werte stehen (z.B. 1).

In der letzten Spalte (“H2OSTART”) kann ein Anfangswassergehalt im Bodenprofil (in % von 100 der NFKWE) angegeben werden. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn die Simulation als Zweitkultur nach einer Erstkultur gesät wird oder nach einem trockenen Winter oder Frühjahr nicht davon ausgegangen werden kann, dass der Boden voll mit Wasser gesättigt ist.

### **5.2.3 Weather Data Tables (Wettertabellen) (8\_name)**

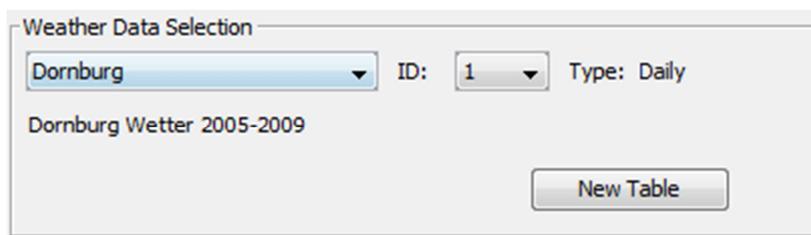
Wettertabellen werden im “Weather Data Selection” Menü (Abbildung 9) mit einem vom Nutzer vergebenen Namen aufgelistet und sind (wenn sie mit der “New Table“ Funktion kreiert worden sind) automatisch mit einer vorangestellten acht versehen (Abbildung 12).

Genau wie bei den Bodentabellen (“Location”) enthalten diese eine vom Benutzer vergebene Flächennummer (FIELD\_NO) und eine Wetter ID (WEATHER\_ID) für jeden in der Tabelle enthaltenen Datensatz (12 Einträge bei Monatsmittelwerten und 365/366 bei Tageswerten).

Wenn die Wetterdaten mit bestimmten Bodenflächen in einer ”Location“ Tabelle verknüpft werden sollen, so müssen alle Zeilen (12 oder 365/366) eines Wetterdatensatzes dieselbe Wetter ID wie der Bodendatensatz haben. Sollen alle Bodendatensätze einer “Location“ Tabelle mit ein und demselben Wetterdatensatz verarbeitet werden (z.B. wenn alle dicht beieinander liegen), bietet es sich an allen Datensätzen dieselbe Wetter ID (z.B. eins) zu geben. Als Beispiele für Monats- und Tagesdatensätze siehe Abbildung 14 und 15.

Wetterdatentabellen können, wie bereits erläutert, zwei Typen annehmen. Der erste Typ, “monthly”, ist eine Wettertabelle die Monatsmittelwerte für das Klima enthält, mit jeweils 12 Einträgen. Der zweite Typ ist für Tagesklimawerte vorbehalten (daily) und muss 365 oder 366 (Schaltjahr) Einträge enthalten. In beiden Fällen muss die Spalte “W\_DATE”

(Wetter\_Datum) mit dem Access Datumsformat “short” (12/31/2013) oder (31.12.2013) gefüllt werden. Im Falle der Monatsmittelwerte muss für alle 12 Monate immer der erste des Monats (also 01.01.2013, 01.02.2013, 01.03.2013 usw.) eingetragen werden. Im Falle von Tageswerten muss der eigentliche Tag (dasselbe Format) für jeden der 365/366 Tage eingetragen werden (Vergleich Abbildungen 14 und 15). Wetterdaten enthalten eine Flächennummer (FIELD\_NO), das Datum (W\_DATE), die Globalstrahlung in Joules \* cm<sup>-2</sup> (RJ), den Niederschlag in mm (PREC), die Temperatur in Grad Celsius (TCEL), die relative Luftfeuchte, ausgedrückt als Anteil von 1 (HAIRFR), die Windgeschwindigkeit in m \* s<sup>-1</sup> (WIND) und, eine Wetter ID (WEATHER\_ID), um Bodentabellen (Location) mit den Wetterdaten zu verknüpfen. Wetterdatentabellen können einzeln per Hand, mit Import aus Excel oder mit Kopieren aus Excel befüllt werden.



**Abbildung 9:** Wetterdatensatz Auswahlmenü mit Zusatzinformationen und Art der Tabelle (daily/monthly = Tages/Monatswerte).

### ***Dritter Schritt: “Crop Selection“ (Kulturauswahl)***

Kulturarten die in der Datentabelle “Crops“ angelegt sind, können über das Menü “Crop Selection” (Abbildung 10) für Simulationen ausgewählt werden.

**Anmerkung:** Die Kulturen erscheinen im Menü in der Reihenfolge, in der sie in der Tabelle aufgelistet sind, die Reihenfolge kann also über die Tabelle verändert werden.

Neue, vom Benutzer definierte Kulturen können in dieser Tabelle angelegt werden, sofern die erforderlichen Pflanzenparameter bekannt sind (siehe Pflanzenparameter unten).

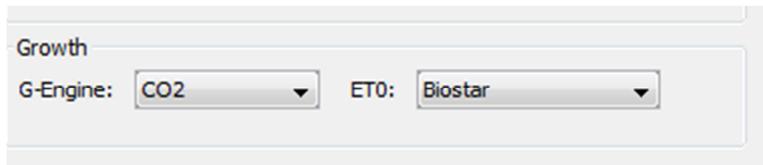
### ***Vierter Schritt: Growth-Engine (Wachstumsmotor) und ET<sub>0</sub>-Methodenauswahl***

Der Benutzer kann vor dem Start der Simulation zwischen vier Wachstumsmotoren (Azam-Ali, et al., 1994) und vier ET<sub>0</sub>-Berechnungsmethoden auswählen. Zusätzlich kann über “Ensemble“ jeweils für beide eine aus dem arithmetischen Mittel der Methoden berechnete Option ausgewählt werden.

Die Standardmethoden des Programms sind immer die CO<sub>2</sub>-Methode (Wachstumsmotor) und die BioSTAR- Methode (ET<sub>0</sub>-Berechnung).



**Abbildung 10:** Crop Selection (Kulturauswahl) Menü



**Abbildung 11:** Growth-Engine (Wachstumsmotorauswahl) und ET0-Methodenauswahl

#### ***Fünfter Schritt: Management (Bewirtschaftung) Einstellungen und “Start Simulation”***

Unter der Kulturartenauswahl und den Growth-Auswahlmenüs (Wachstumsmotor und ET0-methode) befinden sich die Einstellungsfelder für die Bewirtschaftung (*Crop Management*) (Abbildung 12). Die hier vorgenommenen Einstellungen gelten für alle Simulationen, bis sie verändert werden oder das Programm geschlossen und wieder geöffnet wird

In den ”Management” Einstellungen werden der Tag der Aussaat (oder Pflanzung) (*“Planting Date”*), der Erntetag (*“Harvest Date”*), oder das angestrebte phänologische Entwicklungsstadium (BBCH-Skala) zur Ernte (*“BBCH-Harv.”*) ausgewählt.

Wenn eine Simulation gestartet wird, bricht das Modell die Berechnung jeweils zu dem Zeitpunkt ab, der zuerst kommt, also entweder der Zeitpunkt des Erntedatums oder der des Ernte-BBCH-Stadiums.

Wenn eine Kultur für die Silagegewinnung (Biogas) geerntet wird, liegt das typische BBCH-Stadium zur Ernte bei etwa 75-85. Zu diesem Zeitpunkt hat die Biomasse einen Trockensubstanzgehalt erreicht, der zwischen 25 – 40% liegt und daher gut silierbar ist. Wird eine Kultur für die Körnerernte o.ä. angebaut, dann sollte das Entwicklungsstadium zur Ernte bei 90 – 100 liegen (volle Reife).

Weitere Bewirtschaftungsoptionen sind die Gaben von Stickstoffdünger in kg pro Hektar, einmal als Anfangsgabe (*“N-Start”*) und als zweite und dritte Gabe (*“N-Mid and N-End”*) zu benutzerdefinierten Zeitpunkten. Die Zeitpunkte werden über die Datumsauswahlfelder *“N-*

“Mid Date” und “N-End Date” ausgewählt. Die Stickstoffsimulation ist nur aktiviert, wenn das entsprechende Häkchen (N-Simulation) hierfür gesetzt ist.

Bewässerungsgaben (Liter pro Tag) können im Modell über die Eingabefelder “Irri-Start”, “Irri-Mid”, “Irri-End” jeweils für drei Wachstumsphasen (1.Aussaat bis Schossen, 2.Schossen bis Blüte, 3.Blüte bis Reife) gesetzt werden. Die Eingaben verstehen sich als Liter pro m<sup>2</sup> pro Tag und gelten für alle Tage in den jeweiligen Phasen.

Wenn CO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Atmosphäre bei der Simulation verändert werden sollen, kann dies über das Feld “CO<sub>2</sub>-Con” getan werden. Die Voreinstellung liegt hier bei 390 ppm.

**Anmerkung:** Alle Kalibrierungen für die bereits hinterlegten Kulturen sind mit Ertragswerten vorgenommen worden, bei denen etwa 390 ppm CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre vorlagen.

Der “Start Simulation” Knopf startet eine Simulation mit den gewählten Einstellungen und den ausgewählten Boden- und Wassertabellen.

The screenshot shows a 'Crop Management' window with the following fields and values:

Field	Value
Planting Date	01.05.2009
Harvest Date	31.12.2009
CO2-Con	390
BBCH-Harv.	85
Irri-Start	0
Irri-Mid	0
Irri-End	0
N-Simulation	<input checked="" type="checkbox"/>
N-Start	50
N-Mid	50
N-End	50
N-Mid Date	01.06.2009
N-End Date	01.08.2009

A 'Start Simulation' button is located at the bottom right of the window.

**Abbildung 12:** Crop management (Bewirtschaftungsoptionen)

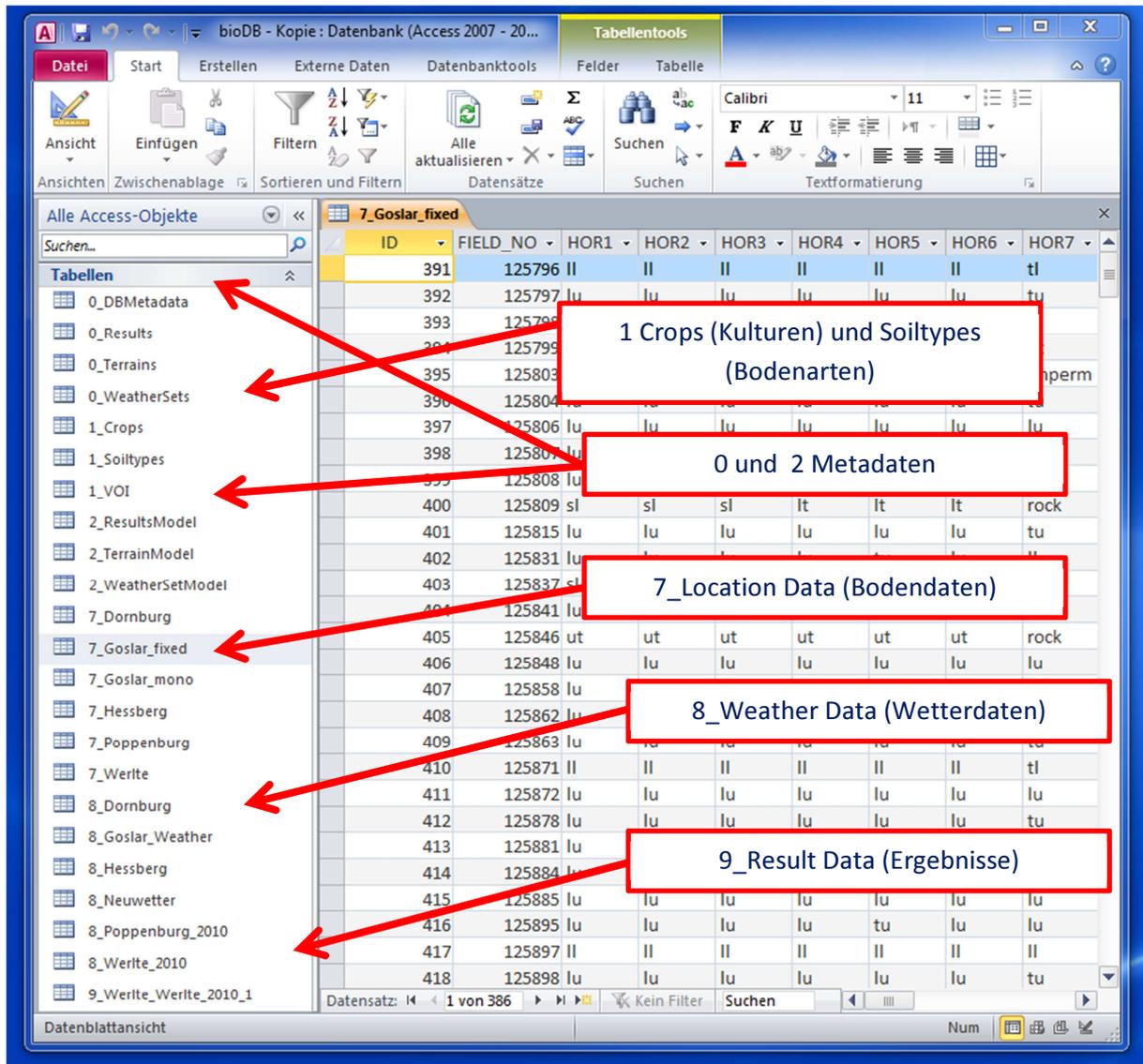


Abbildung 13: Auflistung der verschiedenen Tabellentypen in einer bioDB-Datenbank

The screenshot shows the Microsoft Access interface with the 'Tabellentools' ribbon active. The 'Alle Access-Objekte' pane on the left lists various tables, including '7\_Dornburg'. The main window displays the '7\_Dornburg' table with the following data:

ID	FIELD_NO	W_DATE	RJ	PREC_D	TCEL
1	1	01.01.2005	112,32	0,4	5,3
2	1	02.01.2005	132,12	0,3	4,3
3	1	03.01.2005	97,2	0	3,7
4	1	04.01.2005	101,52	0	5,7
5	1	05.01.2005	120,6	2,7	4,2
6	1	06.01.2005	251,28	0,3	4,8
7	1	07.01.2005	152,64	0	6,9
8	1	08.01.2005	340,56	0,3	8,4
9	1	09.01.2005	361,44	0	5,2
10	1	10.01.2005	253,8	0	8,2
11	1	11.01.2005	221,76	0	6,9
12	1	12.01.2005	109,08	0,4	7,2

**Abbildung 14:** Wetterdatentabelle mit Tageswerten (nur 01.01.2005 bis 12.01.2005 werden angezeigt)

The screenshot shows the Microsoft Access interface with the 'Tabellentools' ribbon active. The 'Alle Access-Objekte' pane on the left lists various tables, including '8\_Neuwetter'. The main window displays the '8\_Neuwetter' table with the following data:

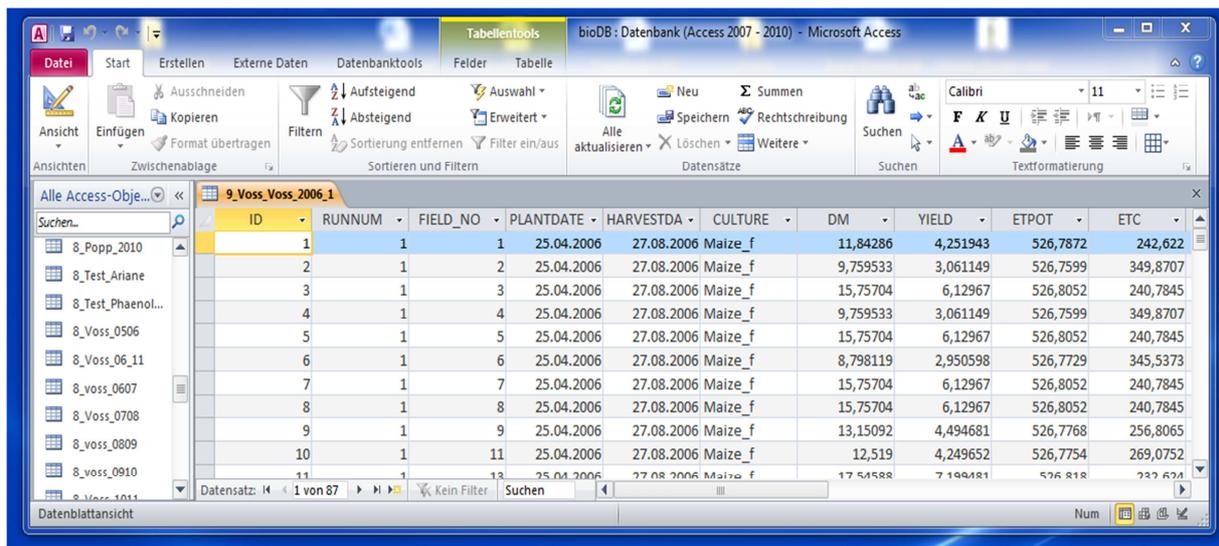
ID	FIELD_NO	W_DATE	RJ	PREC_D	TCEL
1	125796	01.01.2009	209	59,27	1,5
2	125796	01.02.2009	456	45,48	0,7
3	125796	01.03.2009	778	56,53	3,81
4	125796	01.04.2009	1311	60,48	7,65
5	125796	01.05.2009	1677	70,73	12,45
6	125796	01.06.2009	1724	82,93	15,51
7	125796	01.07.2009	1737	70,13	16,83
8	125796	01.08.2009	1512	72,99	16,54
9	125796	01.09.2009	966	53,63	13,41
10	125796	01.10.2009	569	48,69	9,32
11	125796	01.11.2009	253	60,27	4,64
12	125796	01.12.2009	151	70,27	1,5

**Abbildung 15:** Wetterdatentabelle mit Monatswerten für das Jahr 2009

### 5.2.4 Result Data Tables (Ergebnistabellen) (9\_Name)

Ergebnistabellen (Abbildung 16) werden automatisch nach einer erfolgreichen Simulation (ohne Fehler) vom Programm generiert, mit einer Namenskombination von Boden- und Wetterdaten der Simulation versehen und mit einer vorangestellten Neun gekennzeichnet.

Daten die in die Ergebnistabellen geschrieben wird, bestehen aus einer Laufnummer (RUNNUM), der Flächennummer (FIELD\_NO), dem Pflanz- oder Aussaatag (PLANTDATE), dem Erntetag (HARVESTDATE), der Kultur (CULTURE), der oberirdischen Biomasse in t/ha (DM), dem Ertrag (z.B. Korn) in t/ha (YIELD), der potenziellen Evapotranspiration in l/m<sup>2</sup> (ETPOT), dem Evapotranspirationskoeffizienten in l/kg Biomasse (ETC), der Bodenevaporations- und der Transpirationsmenge in l/m<sup>2</sup> (EVAP und TRANS), der in das Grundwasser versickerten Wassermenge in l/m<sup>2</sup> (DRAIN), dem Niederschlag in l/m<sup>2</sup> (PRECIP), dem Entwicklungsstadium zur Ernte der Kultur (DEVSTHARV) und einem Datums- und Zeitstempel (CREATIONDATE).

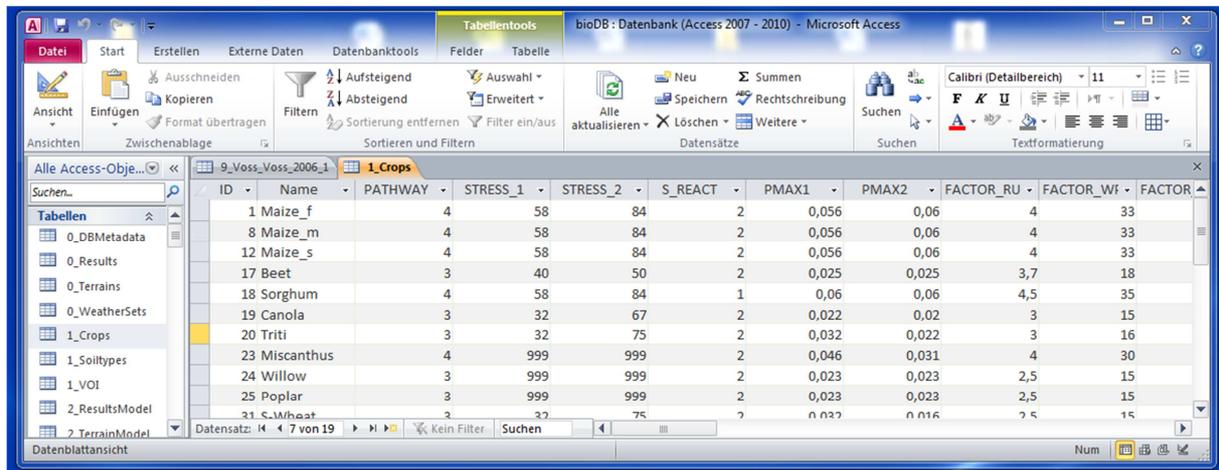


ID	RUNNUM	FIELD_NO	PLANTDATE	HARVESTDATE	CULTURE	DM	YIELD	ETPOT	ETC
1	1	1	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	11,84286	4,251943	526,7872	242,622
2	1	2	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	9,759533	3,061149	526,7599	349,8707
3	1	3	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	15,75704	6,12967	526,8052	240,7845
4	1	4	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	9,759533	3,061149	526,7599	349,8707
5	1	5	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	15,75704	6,12967	526,8052	240,7845
6	1	6	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	8,798119	2,950598	526,7729	345,5373
7	1	7	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	15,75704	6,12967	526,8052	240,7845
8	1	8	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	15,75704	6,12967	526,8052	240,7845
9	1	9	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	13,15092	4,494681	526,7768	256,8065
10	1	11	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	12,519	4,249652	526,7754	269,0752
11	1	13	25.04.2006	27.08.2006	Maize_f	17,54588	7,198481	526,818	227,624

Abbildung 16: Ergebnistabelle (nur teilweise dargestellt)

## 5.2.5 Pflanzenvariablen (1\_Crops)

Die "Crops" Datentabelle enthält kulturspezifische Parameter (siehe Liste unten), welche für die Kalibrierung des Modells vom Benutzer verändert werden können (Abbildung 17).



ID	Name	PATHWAY	STRESS_1	STRESS_2	S_REACT	PMAX1	PMAX2	FACTOR_RU	FACTOR_Wf	FACTOR
1	Maize_f	4	58	84	2	0,056	0,06	4	33	
8	Maize_m	4	58	84	2	0,056	0,06	4	33	
12	Maize_s	4	58	84	2	0,056	0,06	4	33	
17	Beet	3	40	50	2	0,025	0,025	3,7	18	
18	Sorghum	4	58	84	1	0,06	0,06	4,5	35	
19	Canola	3	32	67	2	0,022	0,02	3	15	
20	Triticum	3	32	75	2	0,032	0,022	3	16	
23	Miscanthus	4	999	999	2	0,046	0,031	4	30	
24	Willow	3	999	999	2	0,023	0,023	2,5	15	
25	Poplar	3	999	999	2	0,023	0,023	2,5	15	
26	Wheat	2	32	75	2	0,027	0,016	2,5	15	

Abbildung 17: Pflanzenparametertabelle (Crops) (nur teilweise dargestellt).

### Pflanzenparameter

- **Name:** Name der Kultur (Pflanze)
- **Pathway:** C<sub>3</sub> or C<sub>4</sub> Fotosynthese (3 oder 4 eintragen).
- **STRESS\_1 ; STRESS\_2 ; STRESS\_3:** Mittelpunkte (auf der BBCH-Skala) von 3 pflanzenspezifischen Stressphasen, in denen Wasserstress die Biomasseproduktion (STRESS\_1 und STRESS\_2) und die Ertragsproduktion (STRESS\_3) besonders beeinträchtigt.
- **S\_REACT:** Pflanzentoleranz von Wasserstress, 1 = hoch, 2 = mittel, 3 = niedrig.
- **PMAX1:** Maximale CO<sub>2</sub>-Austauschrate vor der Blüte in mmol CO<sub>2</sub> \* m<sup>2</sup> \* s<sup>-1</sup>.  
Typischer Wertebereich: 0,02 – 0,07
- **PMAX2:** Maximale CO<sub>2</sub>-Austauschrate nach der Blüte in mmol CO<sub>2</sub> \* m<sup>2</sup> \* s<sup>-1</sup>.  
Typischer Wertebereich: 0,02 – 0,07
- **FACTOR\_RUE:** Strahlungsnutzungseffizienz in Gramm Trockenmasse pro MJ Globalstrahlung. Typischer Wertebereich: 1,5 to 5.
- **FACTOR\_WP:** Wasserproduktivität, ausgedrückt in Gramm Biomasse pro m<sup>2</sup> pro Tag. Typischer Wertebereich für C<sub>3</sub> und C<sub>4</sub>-Pflanzen: 15-20 and 30-35 respektive.

- **FACTOR\_SD:** Multiplikator im Exponenten in der Gleichung für die Reaktion des BTR zur Höhe des Sättigungsdefizits. Typische, vorkalibrierte Werte liegen zwischen 1,0 für C<sub>4</sub> und 0,75 for C<sub>3</sub> Pflanzen.
- **FACTOR\_BTR:** Biomasse Transpirationsverhältnis ausgedrückt in kg \* m<sup>-2</sup> \* kPa<sup>-1</sup> \* m<sup>-1</sup>. Abhängig von Klimaregion und mittlerem Sättigungsdefizit der Luft. Wertebereich zwischen 1-10.
- **INTEXT:** Anteil von blattinternem zu atmosphärischem CO<sub>2</sub>-Gehalt. Werte für C<sub>3</sub> Pflanzern liegen typischerweise höher als bei C<sub>4</sub>-Pflanzen (0,8 vs. 0,55).
- **MAXHEIGHT:** Typische maximale Pflanzenhöhe in Metern.
- **K:** Extinktions- Koeffizient (Lichtabschwächung) (dimensionslos). Typischer Bereich: 0,40 – 0,90
- **DEGMIN:** Minimumtemperatur für Fotosynthese in Grad C.
- **DEGMAX:** Maximumtemperatur für Fotosynthese in Grad C.
- **DEGOPT:** Optimaltemperatur für Fotosynthese in Grad C.
- **DEVMIN:** Minimumtemperatur für Pflanzenentwicklung in Grad C.
- **DEVMAX:** : Maximaltemperatur für Pflanzenentwicklung in Grad C.
- **DEVOPT:** Optimaltemperatur für Pflanzenentwicklung in Grad C.
- **FACTLAI:** Typischer maximaler Blattflächenindexwert in m<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Bodenfläche.
- **HARVINDEX:** Typischer Ertragsanteil (Korn, Kolben, Samen, Rübe).
- **STUBBLE:** Anteil an der oberirdischen Gesamtbiomasse nach Abzug von Stoppelein.
- **CRD\_MAX:** Typische maximale Wurzeltiefe der Kultur in cm.
- **MAXROOT:** Entwicklungsstadium bei dem die maximale Wurzeltiefe erreicht wird (typischerweise nach der Blüte mit BBCH = 65-70)
- **CULTTYPE:** Kulturtyp (1 = Sommerung, 2 = Winterung, 3 = Dauerkultur)

### **Entwicklungsgeschwindigkeitsfaktoren (BBCH-Stadium in Klammern)**

**(hier dargestellt am Beispiel für Getreide)**

- **DSPEED\_1:** Faktor für Entwicklungsgeschwindigkeit von Aussaat bis Auflaufen (0-9)
- **DSPEED\_2:** Auflaufen bis 5-Blattstadium (10-14)

- **DSPEED\_3:** Winterruhe (Winterungen) oder 5-Blattstadium bis Bestockung (Sommerungen) (15-24)
- **DSPEED\_4:** 5-Blattstadium (15) (Winterungen) oder Bestockung (Sommerungen) bis Beginn Blüte (25-62)
- **DSPEED\_5:** Blüte bis frühe Milchreife (63-72)
- **DSPEED\_6:** Milchreife bis Vollreife (73-99)
- **NMINIMUM:** Minimum an Stickstoffkonzentration in der Pflanze für Wachstum. Typischer Wertebereich: 0,4 – 0,8% von Gesamtbiomasse, mit niedrigeren Werten für C<sub>4</sub>-und den höheren Werten für C<sub>3</sub>-Pflanzen.
- **NCRITICAL:** Stickstoffgrenzwert (Prozent von Optimum) für optimale Fotosynthese. Typischer Wertebereich: 35 – 65% mit niedrigeren Werten für C<sub>4</sub>-und den höheren Werten für C<sub>3</sub>-Pflanzen.

**Koeffizienten für die Erhaltungatmung, ausgedrückt in Gramm CO<sub>2</sub> pro Gramm Biomasse pro Tag.**

- **MCL:** Koeffizient für Blätter.
  - **MCS:** Koeffizient für Stengel.
  - **MCR:** Koeffizient für Wurzeln.
- Typische Wertebereiche für die Koeffizienten liegen bei: 0,01 (Stengel), 0,015 (Wurzeln) und 0,01 – 0,035 (Blätter).

**Koeffizienten für die Wachstumsatmung, ausgedrückt als der verbleibende Anteil an Assimilaten nach der Veratmung.**

- **YGL:** Koeffizient für Blätter.
- **YGS:** Koeffizient für Stengel.
- **YGR:** Koeffizient für Wurzeln.
- **YGF:** Koeffizient für Ertragsorgane.

### **5.2.6 Bodenarten (Soiltypes) (1\_Soiltypes)**

Die Datenbanktabelle “Soiltypes” (Abbildung 16) enthält Informationen über Bodenarten (nach Korngrößenverteilung) und deren hydraulische Eigenschaften.

Die van Genuchten Parameter der 11 FAO/WRB Bodenarten sowie die der mehr differenzierten KA5 (Ad-hoc Arbeitsgruppe Boden, 2005) und die der Bodenschätzung (Bodenschätzungsrahmen) sind hier hinterlegt. Es können auch weitere, vom Benutzer definierte Bodenarten hinzugefügt werden, wenn die entsprechenden Parameter bekannt sind.

Die erste Spalte enthält die der jeweiligen Nomenklatur entsprechende Bezeichnung der Bodenart (TYPE).

Die hydraulischen Parameter der Bodenarten folgen in den Spalten GALPHA (Parameter Alpha), GPARN (Parameter n), GPARM (Parameter m), GPARX (Parameter x), FLOWSAT ( $K_s$ ) (gesättigte Wasserleitfähigkeit in cm/Tag), THETAR (Parameter  $\Theta_r$ ), THETAS (Parameter  $\Theta_s$ ), FIELDCAP (Porenvolumen am Punkt der Feldkapazität in %), TPV (Gesamtporenvolumen in %), PWP (Porenvolumen über dem permanenten Welkepunkt in %),

Der Parameter x sollte eingetragen werden solange dieser bekannt ist, ansonsten wird er vom Programm auf null gesetzt, um die Bodendaten verarbeiten zu können. Die beiden letzten Spalten enthalten Informationen zum N-Mineralisationstyp (NMINTYPE) des Bodens (Gruppe 1,2 und 3) sowie die effektive Durchwurzelungstiefe (ERD) dieser Bodenart in cm.

ID	Type	GALPHA	GPARN	GPARM	GPARX	FLOWSAT	THETAR	THETAS	FIELDCAP	TPV	PWP
44	sand	0,0535	2,0468	0,51143248	-0,594	540	5,11	54,56	16	38	5,152
54	sandy-clay	0,027	1,23	0,18699187	0	2,88	10	38	29	40	16,9
50	sandy-clay-loam	0,059	1,48	0,324324324	0	31,44	10	39	20	40	11,0
46	sandy-loam	0,0252	1,3867	0,278863489	-0,594	199	5,09	38,7	28,5	38	8,42
47	silt	0,0105	1,631	0,386879215	0	37,65	4,8	54,84	46	40	6,
49	silt-loam	0,02	1,41	0,290780142	0	10,8	6,7	45	32	40	10,3
48	silty-clay	0,005	1,09	0,082568807	0	0,48	7	36	35	40	26,5
52	silty-clay-loam	0,01	1,23	0,18699187	0	6,24	8,9	43	38	40	19,5
36	sl	0,09375	1,30261	0,232307	0	141,316	2,6	39,51	21,325	40	6,6

Abbildung 16: Bodenartenvariablen (nur teilweise dargestellt).

### 5.2.7 Metadatentabellen (0\_Name und 2\_Name)

Es gibt sieben Metadatentabellen. Die ersten vier sind mit einer vorangestellten Null gekennzeichnet (0\_DBMetadata, 0\_Results, 0\_Terrains, 0\_WeatherSets). Die DBMetadata-Tabelle enthält lediglich die Versionsnummer der Datenbank. Die Tabellen "0\_Results", "0\_Terrains" und "0\_WeatherSets" enthalten eine Auflistung von Ergebnis-, Boden- und Wassertabellen, die in der Datenbank angelegt sind. Wird über die Schaltflächen "New Table" eine Boden oder Wassertabelle generiert, so wird diese automatisch in den Metadaten angelegt. Wird eine Ergebnistabelle generiert, so wird diese in der Results-Tabelle angelegt. Werden manuell Tabellen zur Datenbank hinzugefügt, gelöscht oder Namensänderungen vorgenommen, so muss auch in der entsprechenden Tabelle ("Results", "Terrains" und

“WeatherSets“) die Änderung vorgenommen werden, da es sonst zu Fehlermeldungen kommen kann.

Die anderen drei Metadatentabellen (2\_ResultsModel, 2\_TerrainModel, 2\_WeatherSetModel) enthalten Informationen zu Datentypen und wie die Tabellen in einer bioDB-Datenbank angelegt werden müssen. *Diese sollten vom Benutzer nicht verändert werden, da es sonst zu Fehlern im Programm kommen kann.*

## 6. Literatur

**Azam-Ali, S., Crout, N.M.J. & Bradley, R.G. (1994).** *Perspectives in modelling resource capture by crops.* Nottingham University Press, UK.

**Monteith, J.L. (1977).** Climate and crop efficiency of crop production in Britain. *Phil. Trans. Res. Soc. London Ser. B*, 281:277-329.

**Steduto, P., T.C. Hsiao, and E. Fereres. 2007.** On the conservative behavior of biomass water productivity. *Irrigation Sci.* 25:189–207.

**Tanner, C.B. and T.R. Sinclair. (1983).** Efficient water use in crop production: Research or Research? In *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production.* H.M. Taylor, W.R. Jordan and T.R Sinclair (eds.). Amer. Soc. Agron, Madison, WI, USA.