

5 Modellvalidierung

Das CIPS-Modell liegt als Laborversion vor und arbeitet in Jahresschritten mit aggregierten Modellinputdaten, so dass eine Langzeitdynamik des Kohlenstoffs im Boden abgebildet werden kann. Die Simulationsrechnungen mit dem CIPS-Modell werden nach dem in Abb. 5.1 dargestellten Schema und der in Tabelle 5.1 aufgelisteten Abfolge durchgeführt. Nach der Zusammenstellung der Antriebsdaten läuft ein Präprozessing ab. Bei diesem erfolgt die Berechnung des in den Boden gelangenden Kohlenstoffs (C-Input) aus organischen Düngern, Ernte- und Wurzelrückständen nach Kap. 3.4. Das CANDY-Modell (s. Kap. 2.3) wird benutzt, um die BAT_{glob} und deren Aufteilung auf die Porenklassen als zusammengefassten Ausdruck der Standorteigenschaften eines Versuches zu berechnen. Das CANDY-Modell arbeitet in Tagesschritten. Dazu müssen die Management- und Wetterdaten taggenau vorliegen. Die BAT_{glob} und die Aufteilung auf die Porenklassen werden für jedes Jahr berechnet. Im CIPS-Modell werden die Mittelwerte der BAT über die Simulationsdauer verwendet. Die Aufteilung des Kohlenstoffgehaltes zu Versuchsbeginn auf die Mikro-, Meso- und Makroporen erfolgt nach dem Anteil der Porenoberfläche einer Klasse an der Gesamtoberfläche und wird mit dem POF-Programm (s. Kap. 4.3) berechnet. Mit der Datenübernahme aus dem Präprozessing wird die Anwendung des CIPS-Modells ermöglicht.

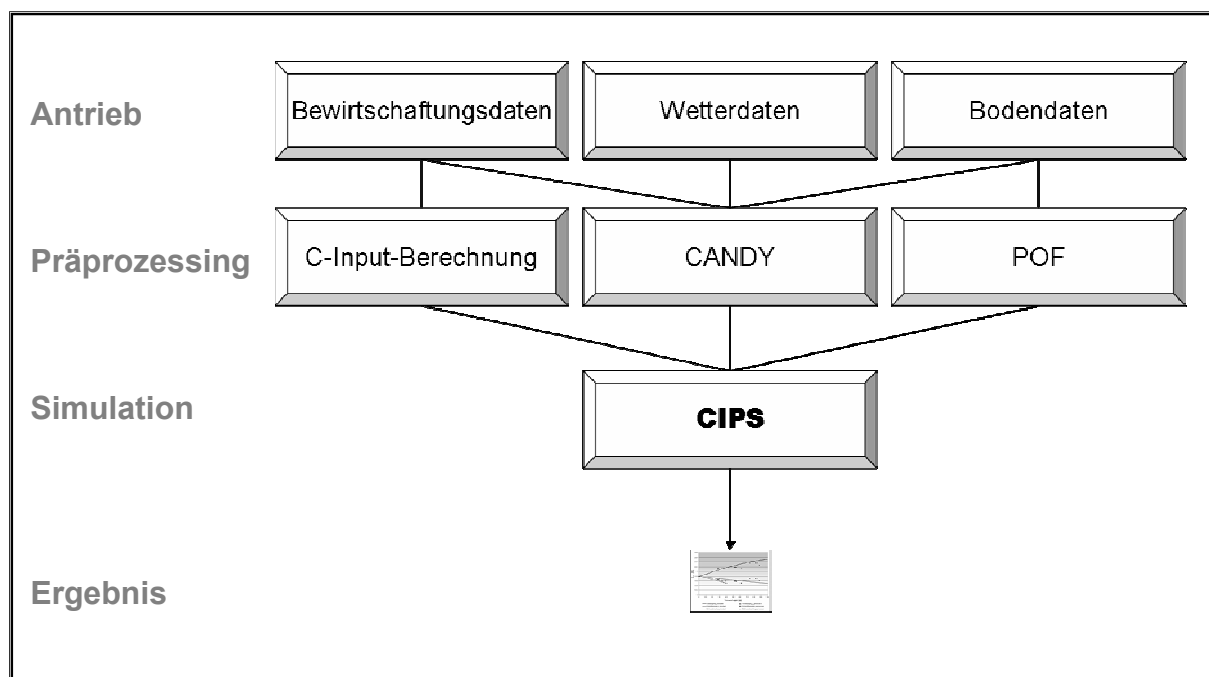


Abb. 5.1: Schema zur Anwendung des CIPS-Modells

Tabelle 5.1: Vorgehensweise zur Modellanwendung von CIPS

| Arbeitsschritt | Spezifischer Arbeitsschritt | Benötigte Daten |
|--|---|--|
| 1. Datenzusammenstellung (s. Kap. 2.3) | Managementdaten zusammenstellen | Fruchtfolge Aufgang- und Erntetermin Ertrag Düngungstermin Menge Dünger Pflugtermin und -tiefe |
| | Wetterdaten zusammenstellen | Lufttemperatur Niederschlag Globalstrahlung oder Sonnenscheindauer |
| | Bodenprofil zusammenstellen | Pflughorizonttiefe C _{org} zu Versuchsbeginn Feldkapazität Permanenter Welkepunkt Trockenrohddichte Trockensubstanzdichte Gesättigte Leitfähigkeit Mineralischer N-Gehalt zu Versuchsbeginn |
| 2. Anwendung CANDY-Modell (s. Kap. 2.3) | Kalkulation von BAT (Biological Active Time – wirksame Mineralisierungszeit) | BAT für Mikroporen BAT für Mesoporen BAT für Makroporen globale BAT |
| 3. Initialisierung von CIPS (s. Kap. 4.3) | Berechnung der Porenoberfläche (POF) | POF der Mikroporen POF der Mesoporen POF der Makroporen |
| | Aufteilung des Kohlenstoffs (C) auf Porenklassen nach Anteil an Gesamt-POF | C in Mikroporen C in Mesoporen C in Makroporen |
| 4. Kohlenstoffinputberechnung (s. Kap. 3.4) | FOM-Poolberechnung der Ernte- und Wurzelrückstände | Fruchtartenspezifische Mittelwertbildung über alle Jahre Mittelwertbildung über alle Fruchtarten der Fruchtfolge |
| | FOM-Poolberechnung der organischen Dünger | |
| 5. Modellrechnung | | |

Die Validierung des CIPS-Modells erfolgt anhand verschiedener Dauerfreilandversuche, die sich sowohl pedologisch als auch klimatisch unterscheiden. Dazu wurde die Kohlenstoffdynamik im Boden der Parzellen mit den höchsten und niedrigsten Kohlenstoffgehalten simuliert und den gemessenen Kohlenstoffgehalten gegenübergestellt. Die Beschreibungen der Versuchsstandorte „Statischer Dauerdüngungsversuch“ in Bad Lauchstädt, „Ewiger Roggenbau“ in Halle, „Versuchsfeld B“ in Prag-Ruzyně, „Dauerfeldversuch zur Untersuchung der organischen Substanz“ in Keszthely (Ungarn) und „Grakov Versuchsfeld“ in Grakov (Ukraine) sind im Kap. 3.2 zu finden.

5.1 Präprozessing

Die verschiedenen klimatischen und pedologischen Bedingungen der einzelnen Versuchsstandorte bedingen eine unterschiedliche BAT, die mit dem CANDY-Modell ermittelt wurde. Aus der Tabelle 5.2 ist ersichtlich, dass für den Standort Grakov die höchste und für den Standort Prag die niedrigste BAT_{glob} berechnet wurde.

Tabelle 5.2: Kalkulation der BAT_{glob} und Verteilung auf die Mikro- (mic), Meso- (mes) und Makroporen (mac) mit dem CANDY-Modell nach Kap. 2.3 (Werte alle gerundet)

| Versuchs- standort | BAT_{glob} [d/a] | BAT_{mic} [d/a] | BAT_{mic} Anteil [%] | BAT_{mes} [d/a] | BAT_{mes} Anteil [%] | BAT_{mac} [d/a] | BAT_{mac} Anteil [%] |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Bad Lauchstädt | 29 | 1 | 2 | 16 | 56 | 12 | 42 |
| Halle | 27 | 1 | 2 | 17 | 62 | 9 | 36 |
| Prag | 26 | <0,5 | 1 | 15 | 56 | 11 | 43 |
| Grakov | 38 | 1 | 2 | 18 | 47 | 19 | 51 |
| Keszthely | 36 | 1 | 2 | 19 | 52 | 16 | 46 |

Bei allen Standorten ist in den Mikroporen (mic) die geringste BAT zu verzeichnen. Mit Ausnahme des Versuches in Grakov, bei dem die höchste BAT in den Makroporen (mac) auftritt, ist die höchste BAT in den Mesoporen (mes) ermittelt worden. Dies bedeutet, dass der Umsatz des Kohlenstoffs in den mes bzw. mac am intensivsten ist. Aufgrund der niedrigen BAT wird der Kohlenstoff in den mic vor mikrobiellen Abbau geschützt und reichert sich somit an. Die für einen Standort berechnete BAT_{glob} ist die Zeit optimaler Umsatzbedingungen eines Versuchsjahres. Das bedeutet, bei einem C-Inputintervall von

einem Jahr erfolgt im CIPS-Modell nach Ablauf der Anzahl an Tagen der berechneten BAT_{glob} für den jeweiligen Versuch die Zufuhr des kalkulierten C-Inputs.

Die mit dem POF-Programm (s. Kap. 4.3) berechnete Kohlenstoffverteilung auf die einzelnen Porenklassen zu Simulationsbeginn ist in Tabelle 5.3 und der nach Kap. 3.4 berechnete C-Input in das System ist in Tabelle 5.4 für die verschiedenen Varianten zusammengestellt.

Tabelle 5.3: Berechnung der porenoberflächenabhängigen C-Verteilung zu Simulationsbeginn

| Versuchs- standort | Corg_Start [%] | Corg_Start [$\mu\text{gC/gBoden}$] | C_{ROM_mik} [$\mu\text{gC/gBoden}$] | C_{ROM_mes} [$\mu\text{gC/gBoden}$] | C_{ROM_mak} [$\mu\text{gC/gBoden}$] |
|-----------------------|-------------------|---|---|---|---|
| Bad Lauchstädt | 1.8 | 18000 | 10209 | 7657 | 134 |
| Halle | 1.24 | 12400 | 5830 | 6474 | 96 |
| Prag | 1.21 | 12100 | 6731 | 5289 | 80 |
| Grakov | 3.4 | 34000 | 20827 | 12728 | 445 |
| Keszthely | | | | | |
| Kontrolle | 0.92 | 9200 | 5485 | 3652 | 63 |
| STM | 0.97 | 9700 | 5783 | 3851 | 66 |

Tabelle 5.4: C-Input aus Ernte- und Wurzelrückständen (EWR) und Stallmist (STM)

| Versuchs- standort | Variante | jährlicher EWR C-Input [$\mu\text{gC/gBoden}$] | STM C-Input [$\mu\text{gC/gBode}$ n] | Rhythmus STM |
|-----------------------|-----------|--|--|--------------------|
| Bad Lauchstädt | STM+NPK | 155 | 667 | alle 2 Jahre |
| | Kontrolle | 102 | 0 | |
| | SB | 0 | 0 | |
| Halle | STM | 159 | 305 | jährlich |
| | Kontrolle | 132 | 0 | |
| Prag | STM+NPK | 175 | 534 | alle 2 Jahre |
| | Kontrolle | 128 | 0 | |
| Grakov | Kontrolle | 257 | 0 | |
| Keszthely | STM | 195 | 638 | alle 2 bzw.3 Jahre |
| | Kontrolle | 177 | 0 | |

5.2 Simulationsergebnisse „Statischer Dauerdüngungsversuch“ in Bad Lauchstädt

In Abb. 5.2 ist die mit dem CANDY-Modell berechnete jährliche BAT_{glob} und ihre Aufteilung auf die Porenklassen für den „Statischen Dauerdüngungsversuch“ in Bad Lauchstädt aufgetragen. Das Trendverhalten der BAT wird bei der Anwendung des CIPS-Modells durch die Mittelwertbildung der BAT zwar nicht berücksichtigt, spielt aber bei der Interpretation der Simulationsergebnisse eine Rolle und lässt Prognosen zu, welche Veränderungen die softwaretechnische Integration des CIPS-Modells in das CANDY-System und damit taggenaue Berücksichtigung der BAT in Bezug auf die Ergebnisse bewirken könnte. Die Abb. 5.2 zeigt, dass die BAT erheblichen Schwankungen zwischen 20 und 38 d/a unterliegt, die zu verschiedenen Umsatzraten des Kohlenstoffs im Boden führen. Über die Versuchsdauer lässt sich ein leichter positiver Anstieg der BAT_{glob} verzeichnen, was einen erhöhten Kohlenstoffumsatz im Boden zur Folge hat. Die BAT der Mesoporen ist im Durchschnitt höher als die der Makroporen, aber in einzelnen Jahren liegt die BAT in den Makroporen über der in den Mesoporen. Die Höhe der BAT verschiebt sich im Verlauf der Versuchszeit im Mittel weiter zugunsten der Mesoporen. Der Trend für die BAT in den Mikroporen ist gleich bleibend und in den Makroporen ist der Trend negativ.

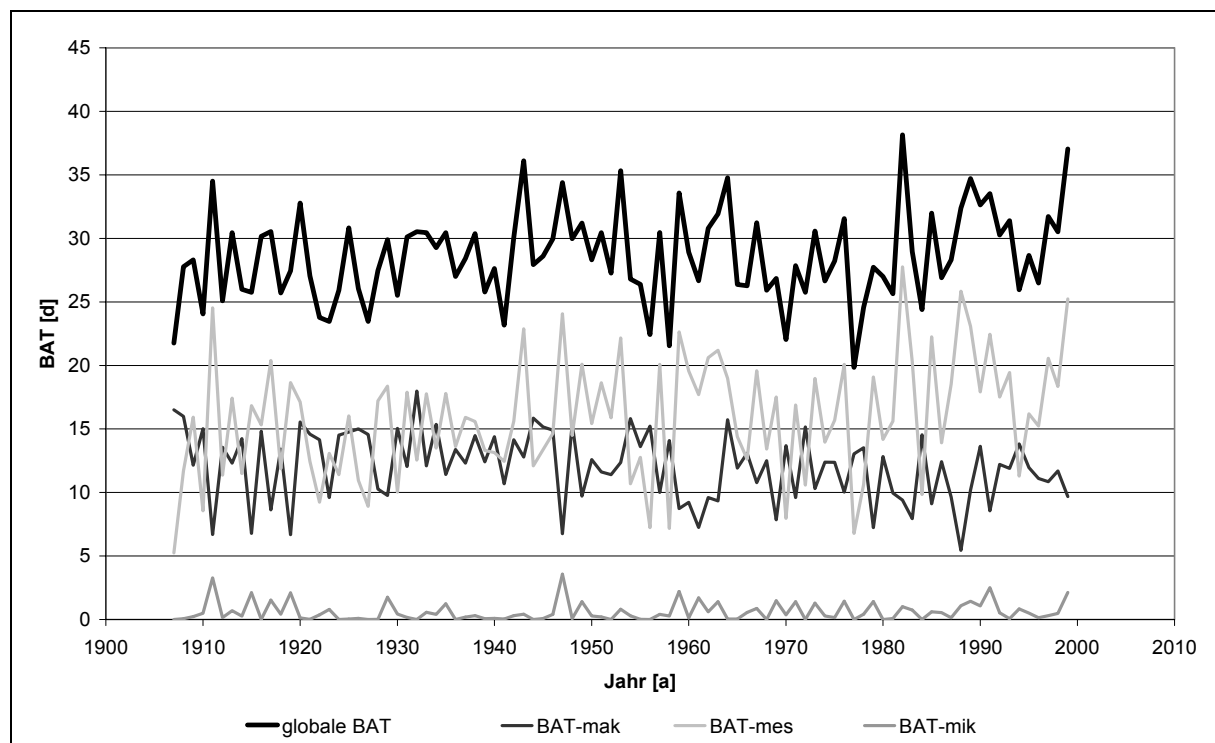


Abb. 5.2: BAT-Dynamik und Verteilung auf die Porenklassen im „Statischen Dauerdüngungsversuch“ Bad Lauchstädt

Das CIPS-Modell wurde anhand der Volldüngungsparzelle des „Statischen Dauerdüngungsversuches“ Bad Lauchstädt und einer Schwarzbrache aus dem Brunnenringversuch (s. Kap. 3.2.1 und 4.4) parametrisiert, um das Modell für Freilandversuche anwenden zu können. Weitere Simulationen wurden mit der Kontrollvariante, die keine Düngergaben erhält, durchgeführt. Die verwendeten Managementdaten sind im Anhang F in Tabelle 1 zu finden.

Bei Betrachtung der Simulationsergebnisse des Gesamtkohlenstoffgehaltes im Boden der Kontrollvariante in Abb. 5.3, die zusammen mit der Volldüngungsvariante dargestellt werden, lässt sich eine gute Übereinstimmung zu den Messergebnissen feststellen. Das Niveau der C-Versorgungsstufe wird gut getroffen. Mit dem Hintergrundwissen, dass im Verlauf der Zeit die BAT_{glob} zunimmt, was einen erhöhten Kohlenstoffumsatz und damit geringere Kohlenstoffgehalte im Boden zur Folge hat, würden die etwas geringeren Kohlenstoffgehalte am Ende des Simulationszeitraumes zu einem noch besseren Simulationsergebnis führen. Auch die Erhöhung der BAT in den Mesoporen zugunsten der Makroporen führt zu einem verstärkten Kohlenstoffabbau, da aufgrund der größeren Porenoberfläche mehr Kohlenstoff in den Mesoporen vorhanden ist.

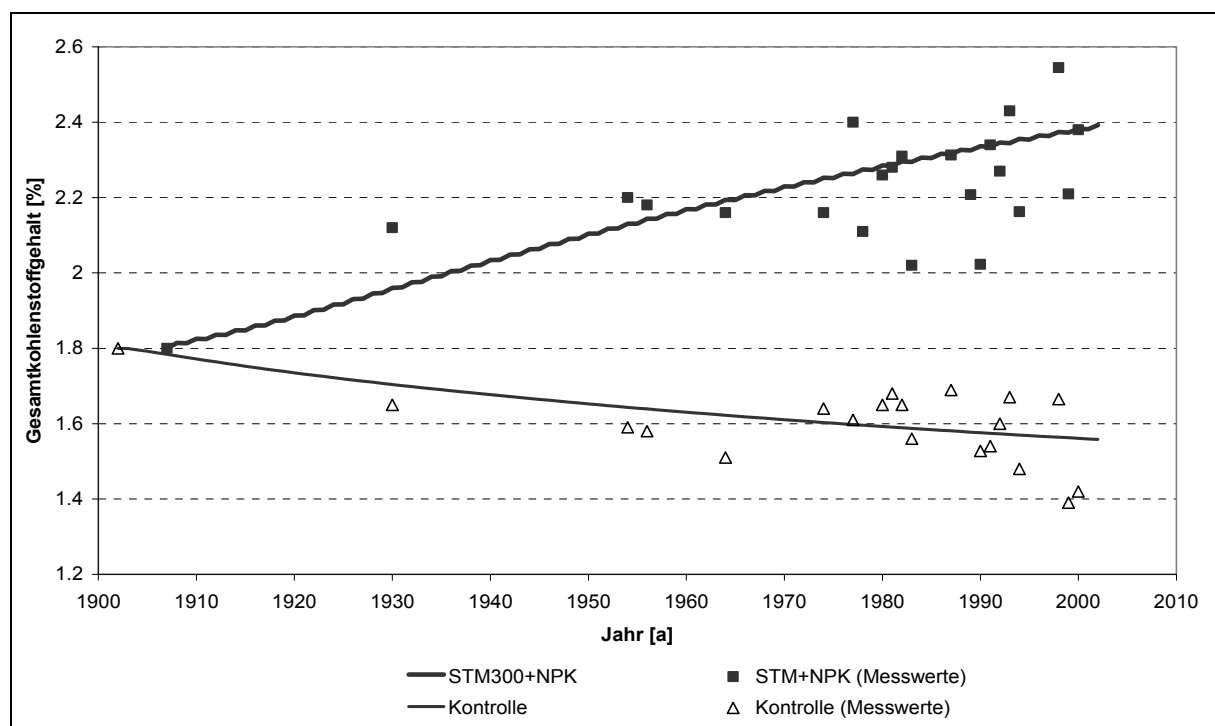


Abb. 5.3: Simulationsergebnisse der Kontroll- und Volldüngungsparzelle (STM300+NPK) des „Statischen Dauerdüngungsversuch“ Bad Lauchstädt

5.3 Simulationsergebnisse „Ewiger Roggenbau“ in Halle

Die mit dem CANDY-Modell ermittelte jährliche BAT_{glob} für den „Ewigen Roggenbau“ in Halle beträgt in Abhängigkeit der Jahreswitterung zwischen 18 und 39 d/a (s. Abb. 5.4). Über den Versuchszeitraum ist ein leichter positiver Trend der BAT_{glob} festzustellen. Bei der Aufteilung der BAT_{glob} ist die höchste jährliche BAT fast immer in den Mesoporen zu verzeichnen. Bei Betrachtung des Trendverhaltens der BAT zwischen den einzelnen Porenklassen ist festzustellen, dass in den Mesoporen die BAT im Verlauf der Jahre zunimmt und in den Mikro- und Makroporen leicht abfällt. Das bedeutet, dass der Kohlenstoff im Boden bei einer Abnahme der BAT in den Mikroporen stärker im Boden festgelegt wird, was durch die Mittelwertbildung der BAT im CIPS-Modell nivelliert wird.

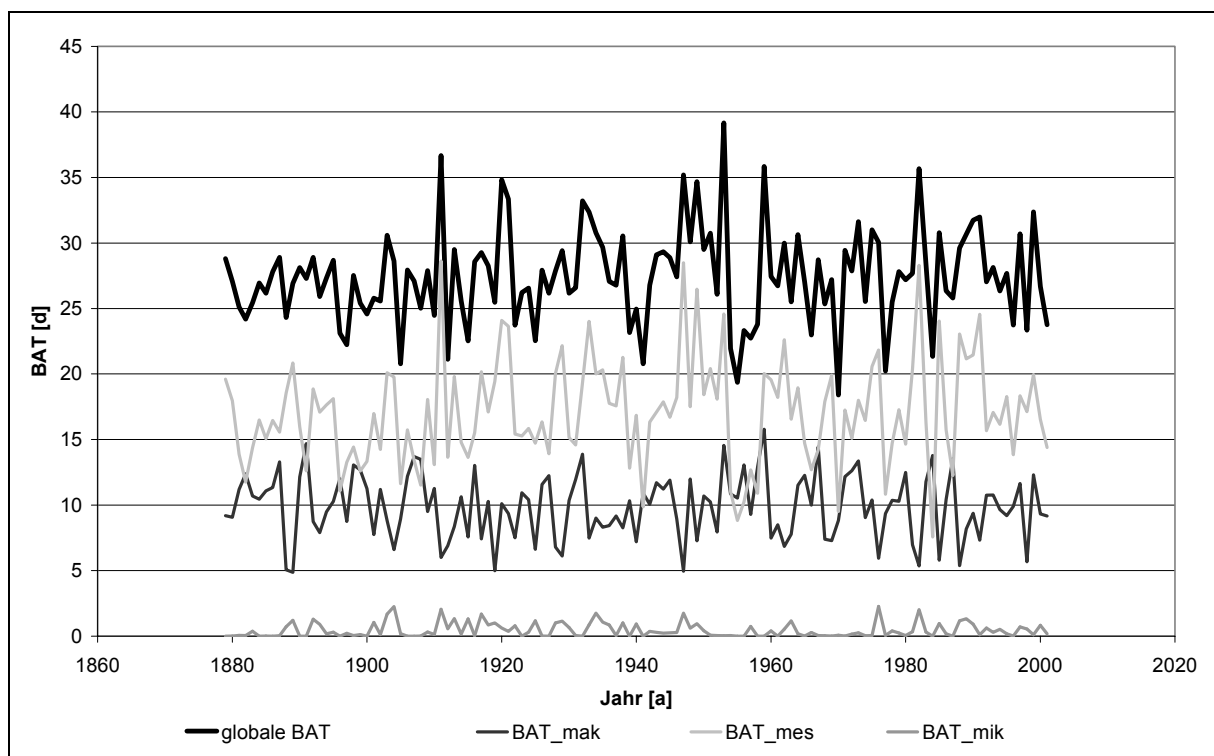


Abb. 5.4: BAT-Dynamik und Verteilung auf die Porenklassen im „Ewigen Roggenbau“ Halle

Vom Dauerversuch „Ewiger Roggenbau“ in Halle wurden die Stallmistparzelle mit einer jährlichen Düngerapplikation von 12 t/ha Stallmist und die Kontrollparzelle ohne Düngerapplikation simuliert. Diese Varianten wurden ausgesucht, da die Differenzen in den Kohlenstoffgehalten zwischen diesen beiden Varianten am größten sind. Die für die Simulation verwendeten Managementdaten, sind im Anhang F in Tabelle 3 und 4 zu finden.

Die Simulationskurven in Abb. 5.5 weisen auf den ersten Blick eine gute Übereinstimmung zu den Feldmessungen auf. Bei Betrachtung der einzelnen Zeitabschnitte existieren jedoch signifikante Unterschiede zwischen Messungen und Simulation. Der starke Abfall der Kohlenstoffgehalte von 1963 bis 1996 mit Ausnahme der Messungen der Kontrollvariante zwischen 1984 und 1987 ist auf die schrittweise Krumenvertiefung von 20 cm auf 30 cm zurückzuführen, die zu einer Verdünnung des Kohlenstoffs im Oberboden durch Beimischung von Unterboden geführt hat. Diese Krumenvertiefung wird im Modell nicht abgebildet, da nur mit einer konstanten Pflugtiefe gerechnet werden kann. Diese wurde auf 25 cm festgelegt. Vor 1960 würde bei einer Pflugtiefe von 20 cm eine höhere C_{org} -Konzentration im Oberboden vorliegen, da sich die eingepflügten Ernterückstände und organischen Dünger in einer geringeren Menge an Boden verteilen. Mit der Integration des CIPS-Modells in das CANDY-Modell sollen diese modelltechnischen Probleme behoben werden.

Die Übereinstimmung der C-Niveaus der Messwerte und Simulationsergebnisse lässt schlussfolgern, dass gute Resultate mit dem CIPS-Modell für den Standort Halle erzielt werden können.

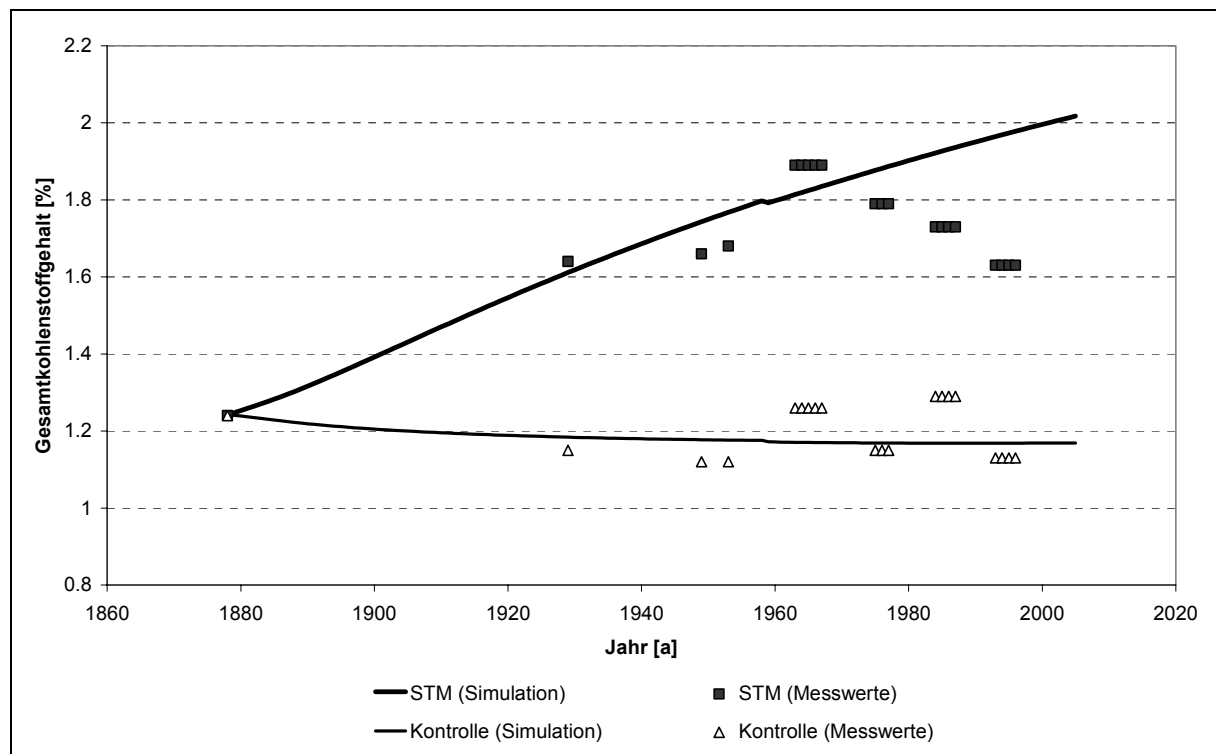


Abb. 5.5: Simulationsergebnisse der Kontroll- und Stallmistparzelle (STM) des „Ewigen Roggenbaus“ Halle

5.4 Simulationsergebnisse „Versuchsfeld B“ in Prag-Ruzyně

Die für das „Versuchsfeld B“ in Prag-Ruzyně simulierte BAT_{glob} liegt zwischen 14 d und 32 d (s. Abb. 5.6), wobei ein positiver Trend im Verlauf der Versuchsdauer zu verzeichnen ist. In den Mesoporen hat die BAT eine steigende Tendenz und in den Makroporen nimmt die BAT im Lauf der Zeit leicht ab. Für die Mikroporen wurde eine im Gegensatz zu den anderen Versuchsstandorten geringe mittlere BAT_{glob} ermittelt. Der Trend im Versuchszeitverlauf ist jedoch positiv, so dass insgesamt am Ende des Versuchszeitraumes von einem stärkeren Kohlenstoffabbau ausgegangen werden kann.

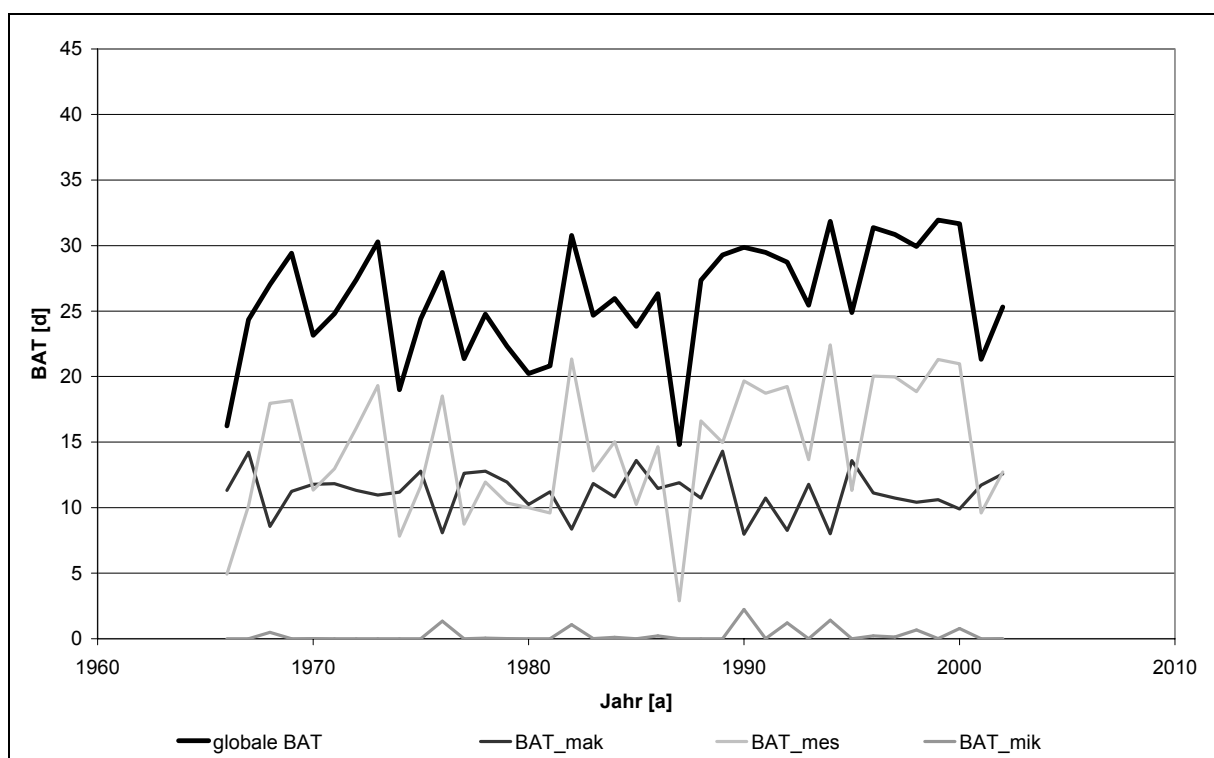


Abb. 5.6: BAT-Dynamik und Verteilung auf die Porenklassen im „Prag-Ruzyně Feld B“ Prag

Das CIPS Modell wurde anhand der Volldüngungsvariante mit einer Düngerapplikation von 210 dt/ha Stallmist alle 2 Jahre und mineralischen Düngern und anhand der Kontrollvariante ohne Düngergabe des Dauerversuches „Versuchsfeld B Prag-Ruzyně“ getestet. Im Anhang F in Tabelle 5 und 6 sind die verwendeten Managementdaten aufgelistet, die durch KUBAT (2004, pers. Mitteilung) zusammengestellt wurden.

Langjährige Messreihen von Kohlenstoff zeigen oft große Schwankungen, die durch die Heterogenität des Bodens hervorgerufen werden, obwohl sich der Kohlenstoffgehalt im Boden nur sehr langsam ändert. Daneben spielen Labor-, Personal- und Methodenwechsel eine Rolle. Durch Expertenwissen werden solche Messreihen meist geglättet, was bei den

Messwerten des Gesamtkohlenstoffgehaltes in Abb. 5.7 nicht zutrifft. Diese Punktwolken der Messwerte der zwei Varianten lassen kaum Rückschlüsse über die Qualität der Simulation mit dem CIPS-Modell zu. Die Simulationskurven für beide Varianten bilden aber das Trendverhalten der Messwerte ab. Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass der Kurvenverlauf der Simulationen plausibel erscheint.

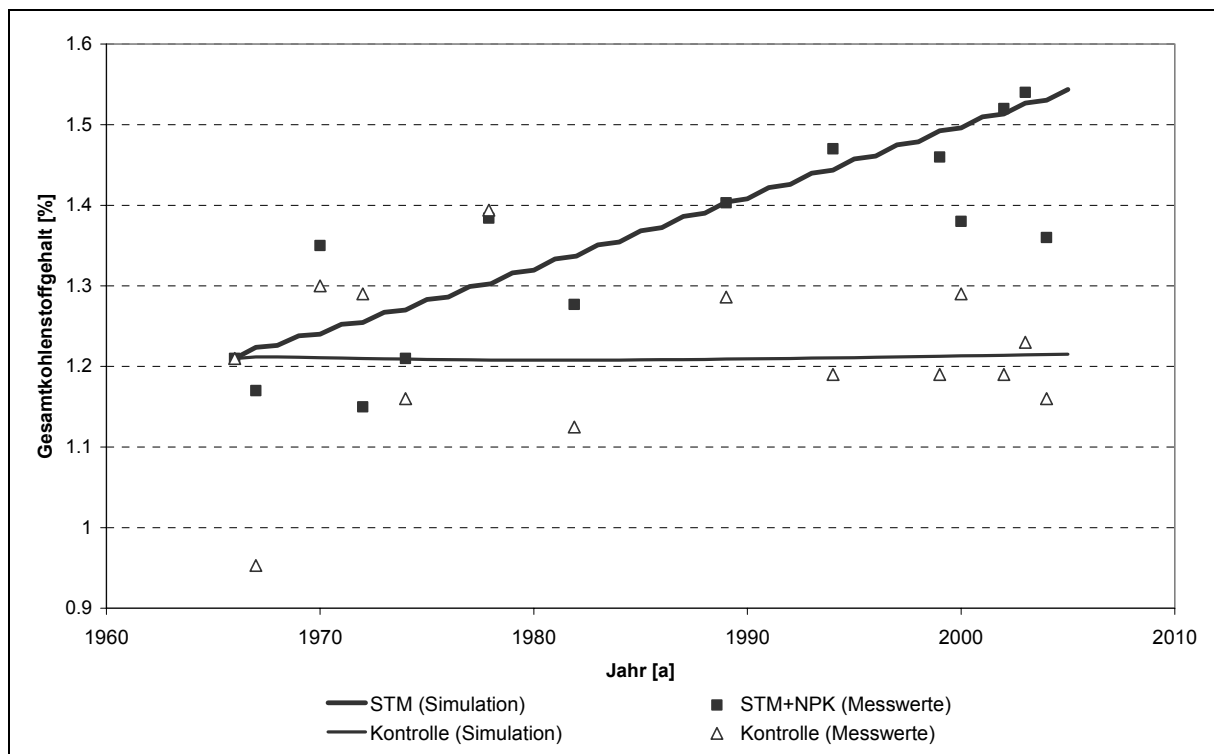


Abb. 5.7: Simulation der Volldüngungs- (STM+NPk) und Kontrollvariante des „Prag-Ruzyně Feldes B“ Prag

5.5 Simulationsergebnisse „Grakov Versuchsfeld“ in Grakov

Der Versuch in der Kharkov Region weist die höchste durchschnittliche BAT_{glob} (s. Abb. 5.8) aller simulierten Freilandversuche auf. Die Schwankungsbreite der BAT_{glob} , die zwischen 31 d und 44 d liegt, ist deutlich geringer als bei den Versuchen in Bad Lauchstädt, Halle und Prag. Im Gegensatz zu allen anderen Versuchen ist die höchste durchschnittliche BAT in den Makroporen zu verzeichnen. Der Abb. 5.8 ist zu entnehmen, dass in einzelnen Jahren eine Umkehr zugunsten der Makroporen zu verzeichnen ist. Der Trend der BAT ist in allen Bereichen der Bodenmatrix im Verlauf des Versuchszeitraumes negativ. Das bedeutet, dass der Umsatz der organischen Substanz im Boden im Verlauf der Zeit rückläufig ist.

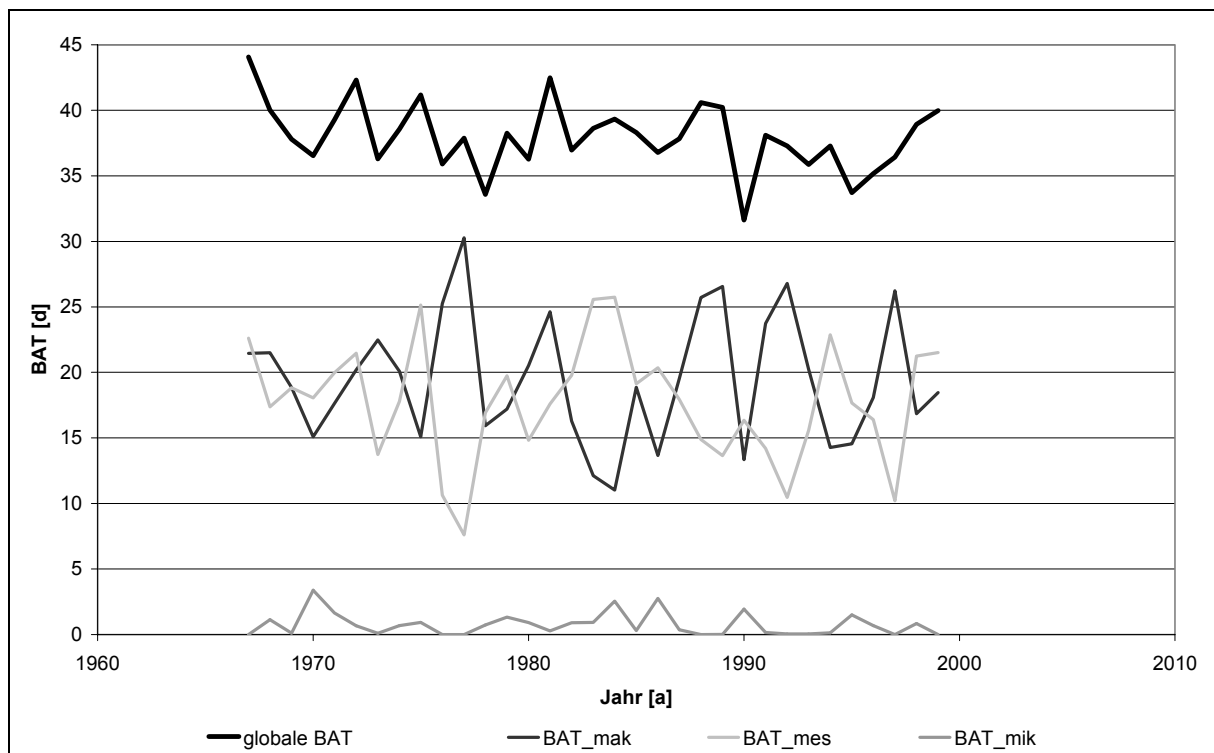


Abb. 5.8: BAT-Dynamik und Verteilung auf die Porenklassen im „Grakov Versuchsfeld“ Grakov

Vom „Grakov Versuchsfeld“ in Grakov wurde nur die Kontrollvariante gegen das CIPS-Modell getestet. Zum einen bereitete die regellose Fruchtfolge des Versuches Schwierigkeiten bei der Ermittlung des mittleren Kohlenstoffinputs aus Ernte- und Wurzelrückständen. Außerdem wurde der Stallmistinput auf der Stallmistvariante im Versuchszeitraum unregelmäßig gesteigert. Für die vorkommenden Fruchtarten erfolgte je nach Häufigkeit die Bildung eines gewogenen Mittelwertes. Dabei kann es für den gesamten Versuchszeitraum

zur Unter- oder Überschätzung des Kohlenstoffinputs gekommen sein. Die Zusammenstellung der Managementdaten, die im Anhang F in Tabelle 7 zu finden sind, erfolgte durch RODIONOVA (2004, pers. Mitteilung).

Bei den mit dem CIPS-Modell simulierten Werten des Gesamtkohlenstoffs, welche in Abb. 5.9 dargestellt sind, wird eine zu geringe Abbaugeschwindigkeit durch die Simulationsergebnisse erreicht. Die Übereinstimmung von Messwerten und Simulationsergebnissen besteht nur darin, dass beide eine Abnahme des organischen Kohlenstoffgehaltes anzeigen.

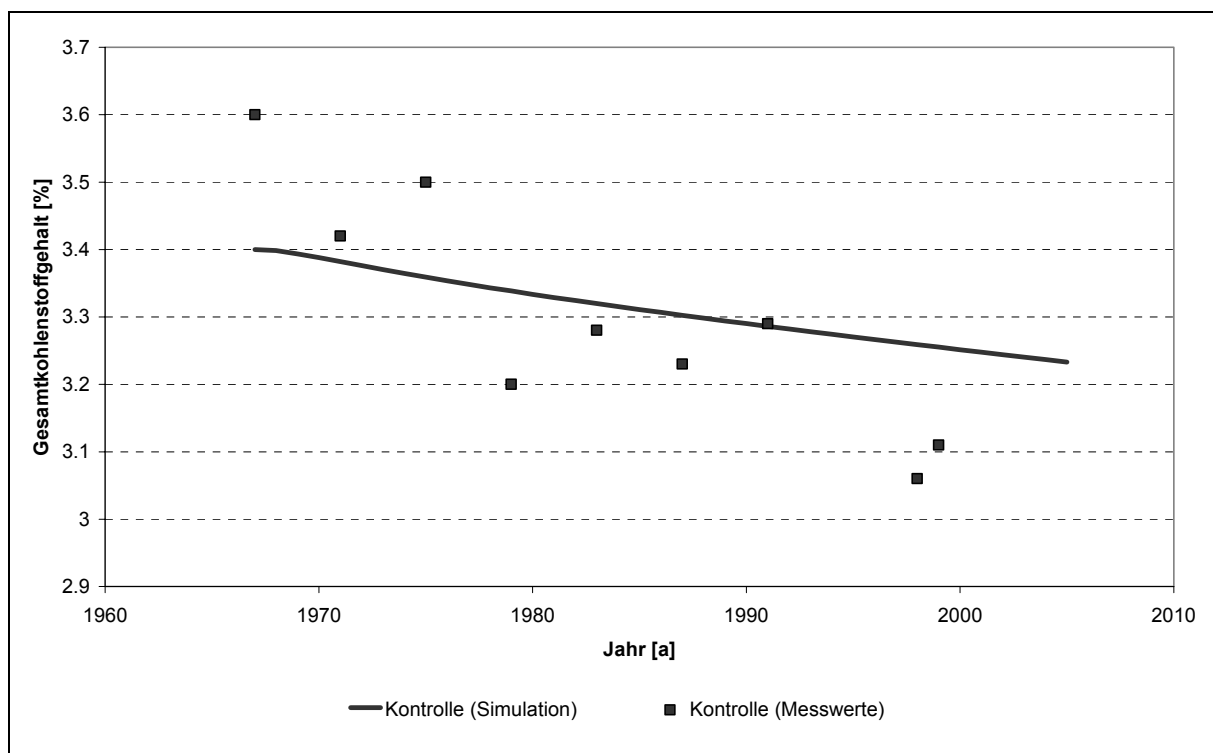


Abb. 5.9: Simulation der Kontrollvariante des „Grakov Versuchsfeld“ Grakov

Die zu geringe Abnahme der simulierten Gesamtkohlenstoffgehalte könnte verschiedene Ursachen haben. Zum einen könnte ein zu hoch kalkulierter Kohlenstoffinput vorliegen. Was sich als alleiniger Grund ausschließen lässt, da dieser um die Hälfte reduziert werden müsste, um den Trend der Messwerte abbilden zu können. Der Fehler könnte aber auch bei der Initialisierung des Modells eingetreten sein. Bei Veränderung der Äquivalentradien für die einzelnen Porenklassen käme es zu einer abweichenden Verteilung des Anfangskohlenstoffgehaltes. Bei dem Grakover Versuch liegt im Gegensatz zu den anderen Versuchen mit 3.5% Gesamtkohlenstoffgehalt ein sehr kohlenstoffreicher Boden vor. Durch den sehr hohen Anfangskohlenstoffgehalt wurde prozentual zu den Porenoberflächen der

einzelnen Porenklassen ein hoher Anteil des Kohlenstoffs den Mikroporen zugeteilt, in denen der Umsatzprozess aufgrund einer niedrigen BAT_{mic} nur selten stattfindet. An dieser Stelle sollte nachgeprüft werden, ob eine Veränderung der Äquivalentradien vorgenommen werden muss oder eine Begrenzung des Belegungsgrades der Porenoberfläche in den Mikroporen in das Modell eingefügt werden muss. Als weitere Ursache können aber auch ungenaue Daten zu PV, FK, PWP und TRD gelten, die das Simulationsergebnis sehr beeinflussen.

5.6 Simulationsergebnisse „Dauerfeldversuch zur Untersuchung der organischen Substanz“ in Keszthely

Die berechnete jährliche BAT_{glob} (s. Abb. 5.10) ist am Standort Keszthely ähnlich wie in Grakov, nicht so großen Schwankungen wie an den anderen Versuchsstandorten unterlegen. Somit hat die im CIPS-Modell verwendete Mittelwertbildung keinen so großen Einfluss auf die Änderung des Simulationsergebnisses, als wenn mit taggenauer BAT-Kalkulation gearbeitet werden würde. Am Standort Keszthely wechselt sich das jährliche Maximum der BAT zwischen Meso- und Makroporen ab, wobei im Durchschnitt eine höhere BAT in den Mesoporen zu verzeichnen ist. Aus der Abb. 5.10 ist ersichtlich, dass die BAT in den Mikroporen zwar gering ist, aber doch häufiger als bei den anderen Standorten Bedingungen vorherrschen, die den Kohlenstoffumsatz in diesen ermöglichen. Dies könnte das niedrige Kohlenstoffniveau des Versuches in Keszthely erklären, was selbst bei der Variante mit relativ hohen Stallmistgaben gleich bleibend ist.

Das CIPS-Modell wurde anhand der Volldüngungspartzele mit einer Düngerapplikation von 680 dt/ha mit zweimaliger Gabe innerhalb von 5 Jahren und der Kontrollpartzele ohne Düngerapplikation getestet. Die Managementdaten sind im Anhang F in Tabelle 8 und 9 zu finden. Aus persönlicher Mitteilung von NÉMETH und HOFFMANN (2003) lagen für jede Frucht der Fruchtfolge nur für ein Jahr zwischen 1999 und 2002 Ertragsdaten vor. Die Rekonstruktion der Managementdaten erfolgte durch BÖHME (2004, pers. Mitteilung).

Neben den fehlenden Ertragsdaten, lagen für beide Varianten nur zwei sichere Kohlenstoffmessungen (s. Abb. 5.11) aus den Jahren 1980 (NÉMETH, 1982) und 2001 (BÖHME, 2004) vor, so dass die Simulation erst 1980 gestartet wurde. Trotz der unsicheren Kohlenstoffinputkalkulation aufgrund der fehlenden Ertragsdaten stimmen die Simulationsergebnisse des Gesamtkohlenstoffgehaltes (s. Abb. 5.11) mit den gemessenen Werten gut überein.

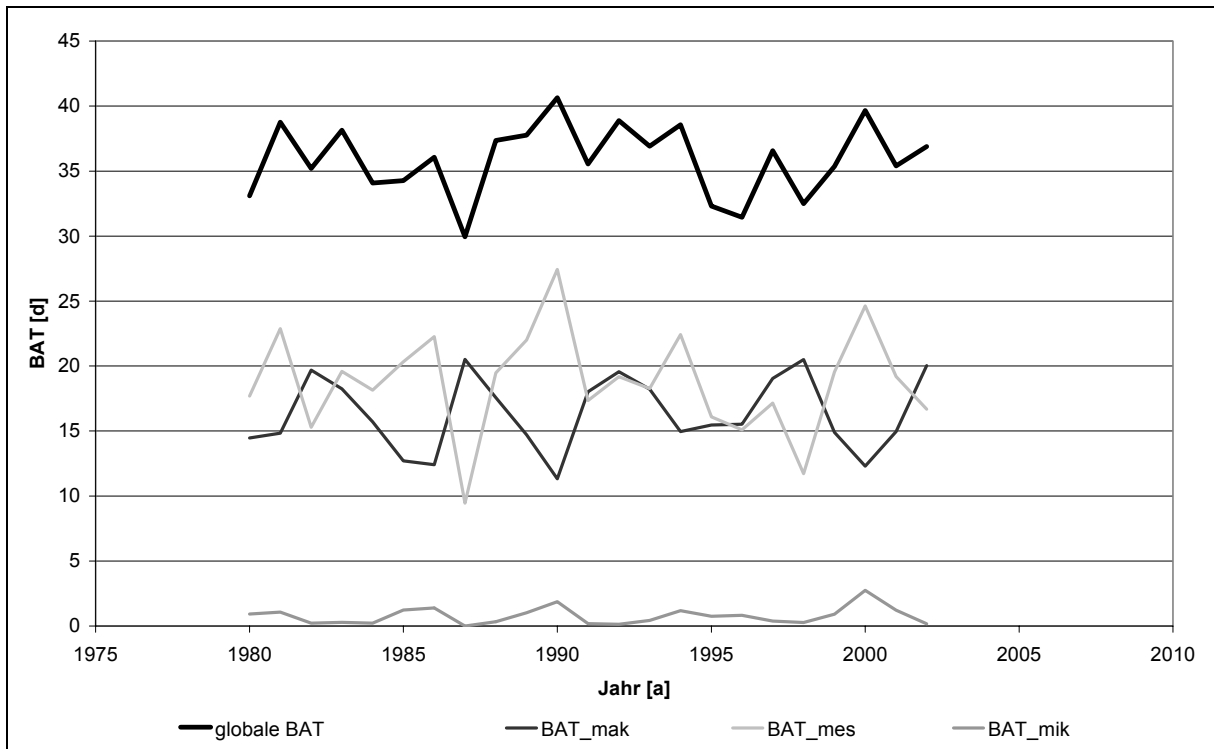


Abb. 5.10: BAT-Dynamik und Verteilung auf die Porenklassen im „Dauerfeldversuch zur Untersuchung der organischen Substanz“ Keszthely

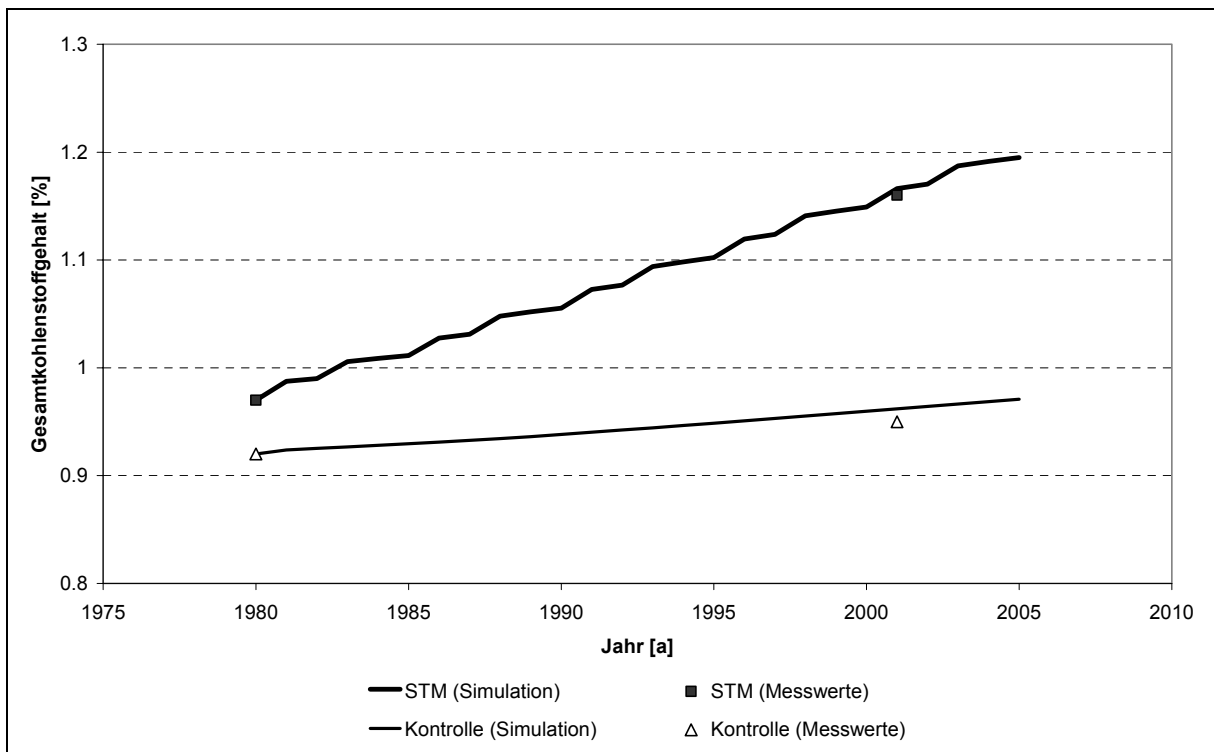


Abb. 5.11: Simulation der Stallmist- (STM) und Kontrollvariante in im „Dauerfeldversuch zur Untersuchung der organischen Substanz“ Keszthely