

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	1
Tabellenverzeichnis.....	1
Kurzzusammenfassung.....	1
Einführung.....	1
1 Humus (Definitionen und Fraktionen).....	1
1.1 Definitionen.....	1
1.2 Fraktionen der SOM.....	2
1.3 Bestimmung des Gehaltes an organischer Bodensubstanz	3
1.4 Bedeutung der SOM.....	4
1.4.1 Landwirtschaftliche Nutzung	4
1.4.2 Klimawandel	6
2 Steuergrößen des Humusgehaltes.....	7
2.1 Klima	7
2.2 Bodenparameter	9
2.3 Relief	10
2.4 Qualität des Eintrags an organischer Substanz	10
2.5 Landnutzung.....	11
2.5.1 Düngung	11
2.5.2 Fruchtfolge	13
2.5.3 Bodenbearbeitung.....	14
2.6 Landbausystem.....	16
2.7 Einstellung eines Humus-Gleichgewichtsgehalts im Ackerboden.....	18
2.8 Räumliche und zeitliche Variabilität des Humusgehalts auf einer Ackerfläche	18
2.9 SOM-Simulationsmodelle.....	21
3 Bewertung des Humusgehalts in Ackerböden	22
3.1 Gesetzliche Regelungen	22
3.2 Bewertungsschemen.....	24
3.2.1 Humusbilanzierung	24
3.2.2 Minimale und maximale Humusgehalte	25
3.2.3 Bewertungstabelle C_{org} -Gesamtgehalt für die Beratungspraxis (KASTEN, 2002b).....	27
3.2.4 Optimale SOM-Gehalte nach KÖRSCHENS	27
3.2.5 C_{org} -Schätzrahmen nach SCHMITT und WESSOLEK (2005).....	29

3.2.6	Schätzrahmen nach VERHEIJEN et al. (2005).....	32
4	Regionale Rahmenbedingungen für die Humusgehalte von Ackerböden in Nordrhein-Westfalen.....	34
4.1	Naturräumliche Gliederung Nordrhein-Westfalens	34
4.1.1	Süderbergland (Bergisches Land, Sauerland, Westerwald).....	36
4.1.2	Eifel mit Vennvorland.....	39
4.1.3	Münsterländische Tieflandsbucht (= Westfälische Tieflandsbucht).....	40
4.1.4	Niederrheinisches Tiefland und Niederrheinische Bucht.....	41
4.1.5	Weserbergland, Weser-Leine-Bergland und Westhessisches Bergland	42
4.2	Landwirtschaftliche Bodennutzung in Nordrhein-Westfalen	42
4.2.1	Angebaute Fruchtartengruppen	43
4.2.2	Viehichte	45
4.2.3	Zeitliche Entwicklung in der Düngung	46
5	Humus in Ackerböden Nordrhein-Westfalens: Status und Entwicklung.....	48
5.1	International publizierte Studien zu Humusgehalten, -entwicklung und -bilanzen in Ackerböden NRW.....	48
5.2	Zeitreihen	49
5.2.1	Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn	49
5.2.2	Lehr- und Versuchsgut der Landwirtschaftskammer Rheinland in Köln Wahn.....	53
5.2.3	Leitbetriebe Ökologischer Landbau in NRW.....	56
5.3	Großräumige Erhebungen	59
5.3.1	Humusdaten aus zwei Regionen in NRW mit unterschiedlicher Agrarstruktur (aus KASTEN, 2002b).....	60
5.3.2	Eigene Auswertung von Daten aus dem Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung	62
5.4	Ergebnisse einer aktuellen kleinräumigen Erhebungs-untersuchung.....	76
6	Fazit und Ausblick	78
7	Literaturverzeichnis.....	84
8	Anhang	93
8.1	Themenkarten von NRW	93
8.2	BBK-bezogene Darstellungen.....	97
	Danksagung.....	99

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Räumliche Variabilität des C_{org} -Gehalts (%) im Oberboden einer Ackerfläche in Merzenhausen Jülich 1995. Die Erhebung erfolgte in einem 10 x 10 m Raster. (Quelle: Th. Pütz, 2005, persönliche Mitteilung)..... 19
- Abb. 2: Organische Substanz (= $C_{org} * 1,72$) in Ackerböden. Orientierungswerte für geeignete Gehalte (KÖRSCHENS et al., 1998)..... 28
- Abb. 3: Großräumliche Gliederung Nordrhein-Westfalens (Datenquelle: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen (LÖBF); Grafik erstellt von A.C. PREGER und F.-M. MERTENS)..... 35
- Abb. 4: Bodenregionen Nordrhein-Westfalens (Datengrundlage: BÜK 1000 (1995); eigene Grafik)..... 36
- Abb. 5: Tongehalte in den Oberböden NRW basierend auf den Angaben der BÜK 1000 (1995) (Datenquelle: BGR; eigene Grafik)..... 37
- Abb. 6: Langjährige (1961-1990) ganzjährige klimatische Wasserbilanz in NRW. (Datenquelle: Abteilung Agrarmeteorologie des DWD; eigene Grafik). 38
- Abb. 7: Humusklassen in den Oberböden NRW nach BÜK 1000 (Datenquelle: BGR; Grafik erstellt von A.C. PREGER und F.M. MERTENS)..... 40
- Abb. 8: Ackernutzung: Anbauflächenverhältnis in den Landkreisen Nordrhein-Westfalens (Daten: LDS, Stand: März 2002, Grafik aus ZERGER und HAAS, 2003)..... 44
- Abb. 9: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in den vier Hauptvarianten des Dauerdüngungsversuchs Dikopshof von 1904 bis 1997. 1941 wurde die stallmistlose Variante auf zuvor mit Mist gedüngten Parzellen angelegt. 1964 wurde von Pferdepflug auf Schlepper umgestellt (GROSS, 1983)..... 51
- Abb. 10: Entwicklung der C_{org} -Gehalte auf dem Versuchsgut Köln Wahn im Oberboden (0-30 cm) (schwarz gefüllte Punkte) und Unterboden (31-60 cm) (hellgrau gefüllte Punkte). Dargestellt sind die Mittelwerte aller verfügbaren Daten aller Schläge \pm Standardfehler; Zahl über dem Wert gibt die Anzahl der beprobten Schläge an. Der dunkelgrau gefüllte Punkt von 1975 stammt aus SCHRÖDER (1979), Mächtigkeit des A_p dort mit 25 cm angeben. Der weiß gefüllte Punkt 1988 stammt von BRAUN (1988), der den A_p mit 38 cm angibt. 55
- Abb. 11: Entwicklung der C_{org} -Gehalte (%) auf vier ökologischen Leitbetrieben in NRW. Dargestellt sind Mittelwert \pm Standardfehler..... 57
- Abb. 12: Relative Entwicklung des C_{org} -Gehalts auf einer Monitoringfläche bezogen auf den jeweiligen Ausgangswert (1994) der Fläche (%). Dargestellt sind Mittelwerte aller Flächen der vier ökologischen Leitbetriebe. Die Fehlerbalken gaben den Standardfehler an. Die dunkelgrauen Linien geben Minimum und Maximum der relativen C_{org} -Gehalte im betreffenden Jahr an. Die Zahl gibt die Anzahl der vorhandenen Datenpunkte im betreffenden Jahr an, auf der der Mittelwert basiert. 58
- Abb. 13: Verteilung der ausgewerteten Daten auf einzelne Jahre im Zeitraum, für den Daten vorliegen (1979-2003). (Datengrundlage: FIS StoBo, LIEBE, 1999)..... 63

Abb. 14: Entwicklung des C_{org} -Gehalts in nordrhein-westfälischen Ackerböden im Zeitraum von 1979 bis 2003. Punkte: Mittelwerte und Standardfehler der abgesicherte Daten. Zahlenangaben: Anzahl der zugrundeliegenden Datenpunkte (Gesamt-n = 7401) im betreffenden Jahr (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999).	65
Abb. 15: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in Ackerböden der Münsterländischen Tieflandsbucht auf Basis von 3976 abgesicherten Datenpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler, sowie Anzahl der Datenpunkte im Erhebungsjahr (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999).	71
Abb. 16: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in Ackerböden des Niederrheinischen Tieflands und der Niederrheinischen Bucht auf Basis von 1616 Datenpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler sowie Anzahl der Datenpunkte im Erhebungsjahr (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999).	73
Abb. 17: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in Ackerböden des Süderberglands (= Bergisches Land, Sauerland, Westerwald) auf Basis von 622 Datenpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler, sowie Anzahl der Datenpunkte im Erhebungsjahr (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999).	74
Abb. 18: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in Ackerböden des Weser-, Weser-Leine- und Westhessischen Berglands auf Basis von 707 Datenpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler, sowie Anzahl der Datenpunkte im Erhebungsjahr (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999).	74
Abb. 19: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in Ackerböden der Eifel mit Vennvorland auf Basis von 109 Datenpunkten. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler, sowie Anzahl der Datenpunkte im Erhebungsjahr (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999).	75
Abb. 20: Häufigkeit der C_{org} -Gehalte von Ackerböden im Köln-Bonner Raum (Cross Compliance-Grenzwert bei Böden mit < 13 % Ton: 0,58 % C_{org} , bei > 13 % Ton: 0,87 % C_{org}) (aus AMELUNG et al., 2006; geändert)	77
Abb. 21: Hauptbodenarten des Oberbodens in den Böden Nordrhein-Westfalens basierend auf der BÜK 1000 (1995). Für eine detailliertere Darstellung siehe Abb. 22: mit den Bodenartengruppen. (Datenquelle: BGR; Grafik erstellt von A. PREGER und F.-M. MERTENS).	93
Abb. 22: Bodenartengruppen des Oberbodens in den Böden Nordrhein-Westfalens basierend auf der BÜK 1000 (1995). Bodenartenhauptgruppen sind dargestellt in Abb. 21: . (Datenquelle: BGR; Grafik erstellt von A. PREGER und F.-M. MERTENS).	94
Abb. 23: Aufteilung und Zuordnung der Landkreise und Kreisregionen (zusammengefasste kreisfreie Städte oder Kreise) in Nordrhein-Westfalen aus ZERGER und HAAS (2003).	94
Abb. 24: Dichte und Anzahl der Großvieheinheiten in den Landkreisen Nordrhein-Westfalens. Daten LDS vom 5.3.2000 nach ZERGER und HAAS (2003).	95
Abb. 25: Anteil landwirtschaftlicher Betriebsformen in den Landkreisen Nordrhein Westfalens. Unter „Sonstige“ wird u. a. die Forstnutzung zusammengefasst. (Datenquelle: LDS, 2000 aus ZERGER und HAAS, 2003).	95

Abb. 26: Verhältnis von Grünland zu Ackernutzung in den Kreisregionen Nordrhein-Westfalens. Unter „Sonstiges“ wird u. a. die Forstnutzung zusammengefasst. (Datenquelle: LDS, 2000 aus ZERGER und HAAS, 2003).	96
Abb. 27: BBK-Daten aus dem FIS StoBo: Verteilung der Daten auf den Zeitraum, für den Daten vorliegen (1994-2003).	97
Abb. 28: Entwicklung des C_{org} -Gehalts in nordrhein-westfälischen Ackerböden im Zeitraum von 1994 bis 2003. Punkte: Mittelwerte und Standardfehler der abgesicherte Daten. Zahlenangaben: Anzahl der zugrundeliegenden Datenpunkte im betreffenden Jahr (Gesamt-n = 1393) (Datengrundlage: BBK-Daten aus FIS StoBo).....	97
Abb. 29: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in Ackerböden der Münsterländischen Tieflandsbucht (n=367). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler, sowie Anzahl der Datenpunkte im Erhebungsjahr (Datengrundlage: BBK-Daten aus FIS StoBo).....	98
Abb. 30: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in Ackerböden des Süderberglands (n=224). Dargestellt sind Mittelwerte, Standardfehler sowie die Anzahl der Datenpunkte im Erhebungsjahr.....	98

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Mittlere C_{org} -Gehalte von Ackerböden ausgewählter Regionen (Daten der geologischen Landesämter) und klimatische Wasserbilanzen (KWB) im Vegetationszeitraum (April bis September). n bezeichnet die Anzahl der jeweils untersuchten Proben (WESSOLEK und SCHMITT, 2005). Zum Vergleich ist die mittlere KWB in der Hauptvegetationsperiode in einigen Regionen NRW nach Angaben der AD-HOC-AG BODEN (2005) angegeben.	8
Tab. 2: Bewertungstabelle für den Humusgehalt auf ackerbaulich genutzten Böden (KASTEN, 2002b). Faktor für die Umrechnung C_{org} - Gehalt \rightarrow Humusgehalt: 1,72.	27
Tab. 3: Die verwendeten Düngungsstufen für den C_{org} -Schätzrahmen nach SCHMITT und WESSOLEK (2005).	30
Tab. 4: C_{org} -Schätzrahmen für unterschiedliche Böden, Klimabedingungen und Düngung nach SCHMITT und WESSOLEK (2005) auf Grundlage von Literaturdaten, Datenbanken des UBA und Dauerversuchsdaten. Düngungsstufen siehe Tab. 3. Kursive Werte wurden durch Inter- bzw. Extrapolation geschätzt.	30
Tab. 5: C_{org} -Schätzrahmen für Ackerböden in England und Wales, Tabelle aus VERHEIJEN et al. (2005). Robuste Mediane und Q_n^a (in Klammern) der C_{org} -Gehalte ^b (%) in Abhängigkeit von Tongehalten des Bodens und dem mittleren Jahresniederschlag.	32
Tab. 6: Viehdichten in den Großlandschaften Nordrhein-Westfalens (nach ZERGER und HAAS, 2003, Daten LDS v. 5.3.2002; vgl. Abb. 24:). Einheit: Großvieheinheiten pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche)	46
Tab. 7: Übersicht zu den untersuchten Leitbetrieben mit ökologischer Bewirtschaftungsweise. (Abkürzung der Bodenarten nach KA4, GV ha ⁻¹ = Großvieheinheit pro Hektar, Kemink = Dammkultursystem).	56
Tab. 8: Humusgehalte von Ackerflächen in einer viehrefleichen Region des Rheinlands Kreis Kleve) 2000 und 2001 (KASTEN, 2002b).	61
Tab. 9: Humusgehalte von Ackerflächen in einer vieharmen Kernregion der Köln-Aachener Bucht (Erftkreis und Kreis Neuss) in den Jahren 2000 und 2001 (KASTEN, 2002b).	61
Tab. 10: C_{org} -Daten für die Naturräume NRW in den einzelnen Jahren des Untersuchungszeitraums und über den gesamten Zeitraum von 1979 bis 2003 (Mw = Mittelwert, Stf = Standardfehler, n = Anzahl der ausgewerteten Datenpunkte). (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999)	67
Tab. 11: Verteilung der Datenpunkte auf verschiedene C_{org} -Gehaltsklassen (nach Cross Compliance und KASTEN, 2002b), aufgegliedert nach Hauptbodenart. Angaben in % bezogen auf die Summe aller Datenpunkte der Hauptbodenart. Zusätzlich ist der mittlere C_{org} -Gehalt je Hauptbodenart dargestellt. (Datengrundlage: FIS StoBo und LIEBE, 1999).	70
Tab. 12 Verteilung von BBK-Daten auf verschiedene C_{org} -Gehaltsklassen (nach Cross Compliance und KASTEN, 2002b), aufgegliedert nach Hauptbodenart. Angaben in % bezogen auf die Summe aller BBK-Datenpunkte der Hauptbodenart. Zusätzlich ist der mittlere C_{org} -Gehalt je Hauptbodenart dargestellt. (Datengrundlage: BBK-Daten aus dem FIS StoBo).	70
Tab. 13: C_{org} -Daten für die Naturräume NRW in den einzelnen Jahren des Untersuchungszeitraums und über den gesamten Zeitraum von 1994 bis 2003 (Mw = Mittelwert, Stf = Standardfehler, n = Anzahl der ausgewerteten Datenpunkte). (Datengrundlage: BBK-Daten aus dem Fis StoBo)	97