

**Aus dem Institut für Agrarökologie
und dem
Institut für Betriebswirtschaft**

**Otto Heinemeyer
Andreas Gensior**

**Emissions from land use change & forestry - national
emission inventory report (NIR) 2004**

Manuskript, zu finden in www.fal.de

Published in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 260,
pp. 263-279

**Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2004**

Emissions from Land Use Change & Forestry — National Emission Inventory Report (NIR) 2004

Emissionen durch Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2004

Otto Heinemeyer¹ und Andreas Gensior¹, unter Mitarbeit von Thomas Schmidt²

Inhaltsübersicht

1 Einführung	264
2 Wald- und Grünlandumwandlung (5.B)	264
2.1 Beschreibung der Quellgruppe (5.B)	264
2.2 Methodische Aspekte (5.B)	264
2.2.1 Aktivitätsdaten über Flächennutzung und Flächennutzungsänderung (5.B)	264
2.2.2 Aktivitätsdaten für Acker- und Grünland	265
2.2.3 Waldaktivitätsdaten	265
3 Aufgabe von bewirtschafteten Flächen (5.C)	266
3.1 Quellgruppenbeschreibung (5.C)	266
3.2 Methodische Aspekte (5.C)	266
4 CO₂-Emissionen und Festlegungen im Boden (5.D)	266
4.1 Quellgruppenbeschreibung (5.D)	266
4.2 Methodische Fragen (5.D)	267
4.3 Genutzte Daten für die vorläufige C-Vorratsänderungsschätzung	267
4.3.1 Nutzungsänderungsbedingte C-Vorratsänderungen in Böden	268
4.3.2 Mineralisierung organischer Böden	268
4.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D)	268
4.4.1 Landwirtschaft	269
4.4.2 Wald	273
4.4.3 Kalkung	274
4.4.4 Zusammenfassung	274
4.5 Quellenspezifische QA/QC und Überprüfung	275
4.6 Geplante quellenspezifische Verbesserungen	276
4.6.1 Landwirtschaft	276
4.6.2 Wälder	277
5 Analyse der Hauptquellgruppen	277
6 Literatur	278

¹ Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Agrarökologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

² Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (CRF Sektor 5)

1 Einführung

Der folgende Beitrag zum NIR 2004 repräsentiert einen kleinen, aber wichtigen Ausschnitt der Klimaberichterstattung; den Sektor 5 „Land Use Change and Forestry (LUCF)“ der IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1996). Berichtet werden muss in diesem Sektor über die Emission von Klimagasen bzw. deren Festlegung in Senken, die durch Landnutzung, Landnutzungsänderung und forstwirtschaftliche Aktivitäten verursacht werden. Festlegung beruht auf der Eigenschaft von Pflanzen durch Photosynthese CO₂ aus der Luft in organische Kohlenstoffverbindungen umzuwandeln, diese in Böden und Biomasse einzubinden und somit kurz- oder langfristig der Atmosphäre CO₂ zu entziehen. Diese Maßnahmen zur Minderung der CO₂-Konzentrationen können zur Erreichung des Verpflichtungsziels eines Landes anerkannt werden, was diesen Sektor besonders interessant macht, obschon dadurch der ursprünglichen Intention der Klimaschutzabkommen, nämlich der Reduktion der Treibhausgasemissionen, entgegengewirkt wird.

Der Sektor LUCF unterscheidet sich in einem weiteren, entscheidenden Punkt in der Berichterstattung von den anderen Sektoren: Um über Veränderungen im Kohlenstoffvorrat von Landwirtschaftsflächen infolge von Landnutzung bzw. deren Änderung berichten zu können, bedarf es eines Raumbezugs. Folglich müssen für ein Berichtssystem flächendeckend Geobasisdaten und Fachdaten periodisch (bestenfalls jährlich) georeferenziert erfasst und aufeinander bezogen und ausgewertet werden. Eine Analyse der derzeitigen Situation in Deutschland zeigt, dass insbesondere in diesem Bereich bezüglich der Existenz und der Verfügbarkeit von Daten große Defizite bestehen. Deutschland hat daher bislang über den Sektor LUCF noch keine Berichte vorgelegt. Da Deutschland hierzu jedoch verpflichtet ist, wurde das Institut für Agrarökologie der FAL vom BMVEL damit beauftragt, die Voraussetzungen und Strukturen für ein entsprechendes Berichtssystem im Agrarbereich zu schaffen und die Kohlenstoffinventare anzulegen.

Der folgende Beitrag stellt den, nach IPCC – Richtlinien, nicht vollständigen Bericht 2004 der Bundesrepublik Deutschland für diesen Sektor dar, ergänzt um die Einordnung der gemeldeten Emissionen in die Hauptquellgruppenanalyse des NIR 2003 (UBA 2003) (Kap. 0.5). Bearbeitet wurde nur die Landwirtschaftsfläche.

2 Wald- und Grünlandumwandlung (5.B)

2.1 Beschreibung der Quellgruppe (5.B)

Diese Kategorie umfasst eigentlich die Umwandlung vorhandener Wald- und natürlicher Grasflächen in andere Flächennutzung. CO₂, CH₄, CO, N₂O, NO_x und NMVOCs werden bei der Verbrennung und dem Zerfall von Biomasse emittiert. Da es in Deutschland keine, nicht geschützten, natürlichen Grasflächen gibt (wenn überhaupt, würden dieselben nur in Siedlungs- und Verkehrsflächen konvertiert werden), müssen hier die Umwandlungen von Waldflächen in landwirtschaftlich genutzte Flächen, das bedeutet in bewirtschaftete Weiden oder Ackerland, und die entgegengesetzten Umwandlungen betrachtet werden. Das Abbrennen als Methode zur Umwandlung ist unüblich und durch Bundesgesetz verboten. Die Konversion von Wald in landwirtschaftliche Nutzfläche ist aufgrund der Gesetzeslage nur schwer möglich und ist flächenmäßig zu vernachlässigen. Die Umwandlung von Wald- und landwirtschaftlicher Nutzfläche in Siedlungs-, Infrastruktur- und andere Nutzungsformen ist sehr viel bedeutender und ebenfalls zu betrachten. Allerdings ziehen beide Fälle in der Regel erhebliche Ausgleichsmaßnahmen nach sich, wodurch sich die Bilanz bzgl. Klimagasen ausgeglichen zeigen dürfte.

2.2 Methodische Aspekte (5.B)

Das Hauptproblem ist die Zusammenstellung geeigneter Aktivitätsdaten, die die Qualitätsanforderungen für diese Aufgabe erfüllen. Zurzeit sind keine gültigen Schätzungen für diese Kategorie verfügbar.

2.2.1 Aktivitätsdaten über Flächennutzung und Flächennutzungsänderung (5.B)

Flächennutzung und deren Änderungen werden in Deutschland je nach Verwendungszweck bislang mit unterschiedlichen Methoden und nicht mit dem Blick auf die Erfassung klimarelevanter Parameter erhoben. Die dabei erzielten Daten der Bodennutzungshaupterhebung (BOHE) und Flächenerhebung (FE) (Statistisches Bundesamt 1992, 1994, 2000, 2002) weichen notwendigerweise voneinander ab und sind nur eingeschränkt miteinander vergleichbar.

Die umfassendste Erhebung zur Flächennutzung ist die Flächenerhebung (FE), d.h. die Zusammenführung der Flächennutzungs-Eintragungen in den Katastern. Die Nutzung wird von den Ämtern allerdings nicht vor Ort über-

prüft, so dass die tatsächliche Nutzung von der ein-getragenen Nutzung einer Fläche abweichen kann. Darüber hinaus sind die Kataster nicht immer auf dem neuesten Stand sondern hinken der tatsächlichen Flächenänderung teilweise hinterher. Die Erhebung erfolgt grundsätzlich alle vier Jahre. Allerdings ist die Umsetzung in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich weit fortgeschritten und ihre Nutzbarkeit auch an Fortschritte beim Aufbau des automatisierten Liegenschaftskatasters geknüpft. Für eine Verwendung im Rahmen der Berichterstattung gemäß IPCC sind die Daten derzeit nur bedingt geeignet.

Tabelle 1: Bodenflächen (km²) nach Art der tatsächlichen Nutzung in Deutschland. Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland 2002 (Aktualisiert am 6. November 2003)

Jahr	Siedlungs- und Verkehrsfläche ³	Landwirtschaftliche Flächen	Waldflächen	Wasserflächen	andere	Gesamtfläche
1993 ⁴	42183	195112	104536	7837	7303	356970
1997 ⁴	43946	193075	104908	7940	7162	357030
2001 ⁴	45735	191028	105314	8085	6869	357031

2.2.2 Aktivitätsdaten für Acker- und Grünland

Daten zur landwirtschaftlichen Fläche finden sich in der Bodennutzungshaupterhebung (BOHE), die landwirtschaftlich genutzte Flächen (LF) jährlich differenziert nach Nutzungs- und Kulturarten erfasst. Die Erhebung wird alle vier Jahre allgemein und in den Zwischenjahren repräsentativ durchgeführt. Sie erstreckt sich auf alle landwirtschaftlichen Betriebe ab 2 ha LF sowie Betriebe mit weniger als 2 ha LF, wenn bestimmte Mindestgrenzen an Spezialkulturen oder Tierbeständen erreicht oder überschritten werden. Die Ergebnisse der Bodennutzungshaupterhebung sind Grundlage der laufenden Produktionsstatistiken und dienen bisher in erster Linie der Beurteilung der Versorgungslage und der Einkommensentwicklung in der Landwirtschaft, zur Erfüllung von Berichtspflichten gegenüber der EU und für Beratungs- und Prognosezwecke im Agrarbereich.

Da die Flächen des Betriebes dem Betriebssitz (Betriebsprinzip) zugeordnet werden, kann es allerdings bei tiefer regionaler Gliederung (Gemeinden, Kreise) hinsichtlich der räumlichen Verteilung zu Unschärfen kommen. Außerdem liegen die Daten auf entsprechender Verwaltungsebene nur aggregiert vor, ohne genauen Geo-Bezug, was eine Zuordnung zu den entsprechenden bodenkundlichen Parametern nur pauschal ermöglicht. Für den diesjährigen Bericht wurden die Landkreise als tiefste Gliederungsebene herangezogen.

Zur Bestimmung von Konversion bzw. Landnutzungsänderungen bedarf es also zusätzlich der Daten der Flächenerhebung, bei der basierend auf dem Liegenschaftskataster die tatsächliche Flächennutzung in der jeweiligen Verwaltungseinheit (Belegenheitsprinzip) erhoben wird; allerdings gegenüber der BOHE versetzt um 2 Jahre.

Eine weitere Möglichkeit sehr genaue Angaben über landwirtschaftliche Nutzflächen, zukünftig georeferenziert, zu erhalten bietet das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVe-KoS) der EU, welches auf Länderebene verwaltet wird. Aus datenschutzrechtlichen Gründen und Gründen des föderalen Prinzips, ist der Zugang eingeschränkt. Für die Berichterstattung 2003 waren InVe-KoS Daten nicht verfügbar.

Für die Berichterstattung benötigte betriebs- oder flächenbezogene Aktivitätsdaten bezüglich Bewirtschaftungsintensität (pfluglose, reduzierte oder wendende Bodenbearbeitung) und Inputfaktoren (z.B. Gülleausbringung, Belassung der Ernterückstände, Düngung) werden in Deutschland nicht erhoben.

2.2.3 Waldaktivitätsdaten

Die Informationen zur Waldfläche stammen aus der Bundeswaldinventur und dem Datenspeicher Waldfond und sind bereits im Kapitel 5A beschrieben(im Einzelnen siehe 1).

Daten über die Umwandlung von Wald in andere Nutzungsarten sind nicht vollständig verfügbar. In Deutschland nimmt die Waldfläche zu, d.h. Umwandlungen von Wald in eine andere Nutzungsart werden flächenmäßig überkompensiert. Flächennutzungsänderungen von Wald in andere Nutzungsarten betreffen jährlich nur 0,02-0,03 % der Gesamtwaldfläche. Hierbei anfallendes Holz von diesen Flächen dürfte zumindest teilweise in die Holzernstatistik eingehen und daher schon in CRF 5A (Kapitel 1) enthalten sein.

Bei der Berechnung von C-Emissionen aus Flächennutzungsänderungen müssen hierdurch bedingte Doppelzählungen vermieden werden.

³ Summe aus Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche, Abbauland, Erholungsfläche, Verkehrsfläche, Friedhof

⁴ Stichtag: 31.12. des Vorjahres

3 Aufgabe von bewirtschafteten Flächen (5.C)

3.1 Quellgruppenbeschreibung (5.C)

Diese Gruppe umfasst die Festlegungen von CO₂ durch die Umwandlung ehemals bewirtschafteter Flächen (d.h. Äcker oder Weiden) in aufgegebene Flächen. Zu berichten ist über die Festlegung von CO₂ in der Biomasse und dem Boden. Die im CRF genannten Gruppen 5C1-5C5 werden nach der Art der Biomasse, die auf den aufgegebenen Flächen nachwächst unterschieden. In Deutschland kommt nur die Gruppe 5C2 „Temperate Forests“ = „Wälder gemäßigter Breiten“ in Frage, da dies der Vegetationstyp ist, der sich unter den gegebenen klimatischen Bedingungen natürlicherweise einstellt.

3.2 Methodische Aspekte (5.C)

Das Hauptproblem ist die Zusammenstellung der Aktivitätsdaten, die den Qualitätsanforderungen für diese Aufgabe genügen. Die Nutzungsaufgabe kann theoretisch, allerdings ohne Georeferenz, mittels der BOHE und der FE (10er-Schlüssel) nachvollzogen werden. Daten zur Biomasse auf diesen Flächen und deren Entwicklung (Expansionsfaktoren) sind nicht verfügbar.

4 CO₂-Emissionen und Festlegungen im Boden (5.D)

Emissionen und Festlegungen von CO₂ im Boden verbunden mit Flächennutzung und –bewirtschaftung schließt CO₂ Emissionen durch Kalkung landwirtschaftlicher Böden mit ein.

4.1 Quellgruppenbeschreibung (5.D)

Böden sind das Endprodukt einer sehr langen physikalischen, chemischen und biologischen Entwicklung im Übergangsbereich von Litho- zu Atmosphäre. Böden sind gekennzeichnet durch die Tatsache, dass sie organisches Material (durch biologische Prozesse gebildete und modifizierte C- und N-haltige Stoffe) enthalten. Die Freisetzung oder Festlegung von CO₂ in Böden wird im Wesentlichen vom Umsatz dieses im Boden gespeicherten organischen Kohlenstoffs (C_{org}) bestimmt. Eine Freisetzung von CO₂ erfolgt auch aus anorganischen Quellen, wie den natürlich vorkommenden Karbonaten oder zugeführtem Kalk (Kalkung). Gemäß CRF sind nur die Emissionen aus der Kalkung zu berichten. Änderungen im C-Vorrat der Böden finden hauptsächlich in den obersten Bodenschichten (Bearbeitungshorizont, Hauptwurzelraum) statt. Sie sind das Ergebnis der Einstellung eines Fließgleichgewichtes zwischen der Zufuhr von organischem Kohlenstoff durch Photosynthese in den Pflanzen und biologischen Abbauprozessen im Boden. Die gezielte Beeinflussung des Pflanzenwachstums ist der Kernbereich landwirtschaftlicher Aktivitäten. Dabei ist die kleinste landwirtschaftliche Einheit, die in der Regel einheitlich bewirtschaftet wird, der Schlag.

Ein Schlag kann mehrere Bodenarten umfassen. Bestimmende Größen für den C-Gehalt sind nach IPCC (1996) die sogenannten „Managementfaktoren“, wie angebaute Pflanzenart, Art der Bodenbearbeitung, Menge und Art der Nährstoffzufuhr (Düngung) zu den Pflanzen und das Klima.

Diese Informationen werden derzeit in Deutschland nicht flächendeckend und nach Bodenarten differenziert erfasst. Gemäß CRF sind die Netto Kohlenstoffflüsse auf Basis einer gleitenden 20 Jahresdifferenz zu ermitteln.

Die landwirtschaftliche Nutzung organischer Böden, die in Deutschland in Form von Nieder- und Hochmooren vorliegen, stellt einen schwerwiegenden Eingriff in den C-Haushalt dieser Böden dar, der zu lang andauernden, erheblichen Verlusten an die Atmosphäre führt. Bedingt durch die Entwässerung kommt es zu einer schnellen Oxidation der organischen Substanz. Dieser Prozess kann bis zum vollständigen Verlust des organischen Horizontes (Torfkörpers) andauern. Durch Bearbeitung wird der Verlust in der Bearbeitungsschicht durch Eintritt weniger oxidierte Substanz von unten ersetzt, bis der organische Horizont aufgebraucht ist. Eine von der Nutzungsintensität abhängige neue Fließgleichgewichtseinstellung wie bei mineralischen Böden erfolgt nicht. Die einzige Möglichkeit diesen Prozess zu stoppen ist die Wiedervernässung, die falls anhaltend, zu einer erneuten C-Einbindung führen kann.

Durch die Kalkung von Böden kommt es, infolge von Auflösung des Kalkes, zu einer Freisetzung von CO₂. Die Ermittlung der ausgebrachten Kalkmengen erfolgt anhand der Daten aus der Düngemittelstatistik über Inlandsverkäufe von Mineraldüngern, die Kalk und andere Nährstoffe enthalten, verfügbar. Sie werden angegeben in t der Nährstoffe oder in t der Oxide (z.B. CaO) mit folgenden Unterscheidungen:

- Düngeart
- für Kalk: Nutzung für Land- oder Forstwirtschaft
- Bundesstaaten.

Die Daten werden jedes Vierteljahr und pro Wirtschaftsjahr (Juli/Juni) als amtliche Statistik mit Auskunftspflicht erhoben. Jährliche Daten können von den aufsummierten vierteljährlichen Daten abweichen, weil Abschlussmeldungen der meldepflichtigen Unternehmen bei der Aufbereitung für das Wirtschaftsjahr berücksichtigt werden, die von den bereits gemeldeten Vierteljahresangaben abweichen können.

4.2 Methodische Fragen (5.D)

Um über Emissionen und Festlegungen von CO₂ in Böden infolge von LUCF berichten zu können, müssen sowohl Änderungen des C_{org}-Gehaltes in Wald- als auch in landwirtschaftlichen Böden berechnet werden. Da nicht genügend direkte CO₂-Flussmessungen verfügbar sind, ist der C-Bilanz Ansatz derzeit die einzige vernünftige Wahl. Aktivitätsdaten müssen für diesen Zweck weiter untergliedert werden in Bodenkategorien oder -typen und müssen noch weiter nach den Bewirtschaftungsarten unterteilt werden. Der von der IPCC geforderte Klimatyp hat außerhalb des Default-Verfahrens keine Relevanz. Um eine Änderung des Vorrats zu beschreiben, sind zwei Serien von Aktivitätsdaten zu verschiedenen Zeitpunkten Voraussetzung. Das Hauptproblem ist die Zusammenstellung der benötigten Daten (Aktivitätsdaten und bodenkundliche Parameter), die z.T. zwar den Qualitätsanforderungen – entsprechend einem Tier 3 (vor allem naturkundliche Daten) – Ansatz vorhanden sind, jedoch von unterschiedlichen öffentlichen und nicht öffentlichen Körperschaften auf unterschiedlichen Verwaltungsebenen (Bund, Länder, Bezirke, Kommunen) vorgehalten werden.

Aktivitätsdaten zu Managementfaktoren im Sinne von IPCC (1996) werden in Deutschland nicht erhoben und können derzeit bei der Abschätzung der Kohlenstoffvorräte nicht berücksichtigt werden. In der Regel wird in Deutschland gepflügt und ein mittlerer bis hoher Input dürfte üblich sein, so dass im Rahmen des IPCC Default-Verfahrens mit Faktoren zwischen 1,0 - 1,2 zu rechnen wäre.

4.3 Genutzte Daten für die vorläufige C-Vorratsänderungsschätzung

Die räumliche Verteilung der Bodengesellschaften in Deutschland steht derzeit als digitale Bodenkarte 1: 1000000 (BUEK 1000; BGR 1997) zur Verfügung. Die Bodenkarte beruht auf der proportionalen Zuordnung von diskreten (an Einzelpunkten in der Landschaft gewonnenen) Profilinformationen zu Flächeneinheiten (Polygonen) der Karte. Die Profile liefern quantitative Informationen zu einer Vielzahl gemessener Kenngrößen. Diese waren Grundlage zur Abschätzung der Kohlenstoffvorräte der landwirtschaftlichen Böden. Zur Berechnung wurden der Karte bzw. Legende die konkrete Maßzahl für den C_{org}-Gehalt, die Humus-, Rohdichte- und Skelettklassen sowie die Profilbeschreibung und Horizontierung des jeweiligen Leitprofils der 72 Leitbodeneinheiten entnommen. Ausgehend von diesen Daten wurde unter Annahme, dass die der Karte entnommenen Werte repräsentativ für die gesamte Legendeneinheit sind, die Berechnung der C_{org}-Vorräte vorgenommen. Hierfür wurden die C_{org}-Gehalte mit den jeweiligen Rohdichten und Horizontmächtigkeiten multipliziert und anschließend der Skelettanteil abgezogen. Die Horizontvorräte wurden bis 30 cm Tiefe addiert.

Die Fehlerabschätzung erfolgte über die der jeweiligen Legendeneinheit nach KA 4 (Arbeitsgruppe Boden 1994) zugeordneten Humus-, Rohdichte- und Skelettklassen. Es wurde ein Minimalwert (je nach Klasse geringst möglicher C_{org}-Gehalt, geringst mögliche Lagerungsdichte, maximaler Skelettgehalt) und Maximalwert (je nach Klasse maximaler C_{org}-Gehalt, maximale Lagerungsdichte, minimaler Skelettgehalt) berechnet, somit die Spannweite bestimmt.

Die Zuordnung der einzelnen Bodeneinheiten zu den Landkreisen sowie zur jeweiligen Landnutzungseinheit erfolgte mittels eines GIS. Verschnitten wurde die BÜK 1000 (BGR 1997) mit den Polygonen der Kreisgrenzen und den CORINE Landcover Landnutzungsklassen (1997). Für jeden der so entstandenen Polygone wurde der Kohlenstoffvorrat bis 30 cm Tiefe berechnet und entsprechend der Landnutzung (Ackerland, Grünland, Landwirtschaftliche Fläche heterogener Struktur) auf Kreisebene summiert. Durch Division mit der Flächensumme wurde so ein gewichteter Kohlenstoffvorrat bzgl. der Bodeneinheit in t/ha * 30 cm für jede Landnutzungsklasse auf Kreisebene bestimmt und als Vergleichswerte die Vorratssummen auf Kreis und Bundesebene gebildet.

Zur Bestimmung der Landnutzung und des aktuellen Basisjahres, wurden die Daten der Bodennutzungshaupterhebung (BOHE; Statistisches Bundesamt 2000; 1992) herangezogen. Vollerhebungen werden alle vier Jahre durchgeführt, die erste flächendeckende für das wiedervereinigte Deutschland erfolgte 1991 (Statistisches Bundesamt 1992). Daher wurden die mit der BOHE 1991 erhobenen Landnutzungsklassen dem Basisjahr zugrunde gelegt. Da die Daten von 2003 noch nicht zugänglich sind (Verfügbarkeit voraussichtlich Mitte 2004), wurden die Landnutzungsklassen der letzten ausgewerteten Vollerhebung 1999 (Statistisches Bundesamt 2000) für den aktuellen Stand herangezogen. Die Daten der BOHE sind aus Gründen des Datenschutzes anonym, nicht georeferenziert und nur aggregiert für unterschiedliche Verwaltungsebenen erhältlich. Für diesen Bericht wurde die Kreisebene als Aggregierungsstufe gewählt, da die Bodenkarte für eine weitere räumliche Disaggregation zu grob ist. Von den Erhebungsparametern der BOHE beschreiben Ackerland, Grünland und Gartenland die landwirtschaft-

lich genutzte Fläche; zuzüglich des Brachlandes ergibt sich die Landwirtschaftsfläche. Beim Bezug von BOHE auf CORINE, wurden Gartenland und Brache der BOHE der CORINE-Klassifikation „landwirtschaftliche Fläche heterogener Struktur“ zugeschlagen. Die Flächen der einzelnen Landnutzungsklassen wurden den jeweiligen Kreisen zugeordnet und auf dieser Ebene mit dem für jede Bodeneinheit und Landnutzungsklasse ermittelten gewichteten Kohlenstoffvorrat, dessen Minimum und Maximum multipliziert. Dies ergab den Kohlenstoffvorrat und dessen Spannweite auf Kreisebene. Vereinzelt Datenlücken bzgl. fehlender Flächenanteile einzelner Landnutzungsformen wurden mit den Daten von CORINE-Landcover ausgefüllt.

4.3.1 Nutzungsänderungsbedingte C-Vorratsänderungen in Böden

Anhand der Unterschiede in den Landnutzungsklassen zwischen 1991 und 1999 sollten ursprünglich mittels mathematischen Modells, basierend auf den Vorräten (siehe 4.3), diejenigen für das Jahr 1999 berechnet werden. Dies war aber im Berichtsjahr nicht möglich, da nur die absoluten Unterschiede in den Landnutzungsformen mittels der BOHE-Daten zu ermitteln waren, jedoch nicht die Konversion zwischen den Klassen. Hierfür hätte es zumindest der Daten der Flächenerhebung (FE) (Statistisches Bundesamt 1994, 2002) bedurft. Diese lagen den Autoren zum Berichtstermin, abgesehen von den Gesamtflächensummen für Deutschland, noch nicht vor. So wurde auch für 1999 der Kohlenstoffvorrat mit den gewichteten Vorratswerten berechnet. Da die landwirtschaftlich genutzte Fläche der BOHE 8,4 % geringer ist als die Landwirtschaftsfläche der FE, wurden die für die Flächen der BOHE berechneten Kohlenstoffvorräte auf das Niveau der FE bezogen, welches die tatsächliche Liegenheitsfläche widerspiegelt.

4.3.2 Mineralisierung organischer Böden

Die Fläche sowie der Flächenanteil an der jeweiligen Landnutzungsform und der Kohlenstoffvorrat der organischen Böden (hier Nieder- und Hochmoore (Leitbodenassoziation 6 und 7 (BÜK 1000)) wurden mittels CORINE-Landcover und der BÜK 1000 ermittelt (vgl. Kap. 7.4.3). Über das Flächenverhältnis zu anderen Bodenformen auf Kreis- bzw. Bundesebene, wurden die Moorflächen anteilig auf die Landwirtschaftsflächen der BOHE 1991/1999 umgerechnet und durch Multiplikation mit dem C_{org} -Vorrat/ha*30 cm der gesamte Kohlenstoffvorrat für die Moorböden unter landwirtschaftlicher Nutzung berechnet. Der Verlust an Kohlenstoff durch den absoluten Flächenverlust findet sich in der Gesamtrechnung wieder. Zur Abschätzung der CO_2 -C – Mineralisation wurden Werte aus der Literatur zugrunde gelegt. Mundel (1976), Augustin (2001) und Meyer (1999) berichten von Verlusten im Grünlandbereich von 2,46-7,63 t ha⁻¹ a⁻¹, Höper (2002) von 4,6-16,5 t ha⁻¹ a⁻¹, wobei Moore unter Ackerland mit 10,6-16,5 t ha⁻¹ a⁻¹ angeführt werden. Aufgrund dieser Werte wurde durch die Berichter aufgrund von Expertenwissen für Grünland ein Wert von 5 t ha⁻¹ a⁻¹ und für Ackerland von 11 t ha⁻¹ a⁻¹ festgelegt. Die Unsicherheit, bzw. der Minimal- und Maximalwert ergeben sich aus der Spannweite der o.a. Werte. Zur Berechnung der Emissionen wurde die Fläche der Moore unter landwirtschaftlicher Nutzung 1999 (BOHE) angesetzt, da der Kohlenstoffvorrat der Flächendifferenz gegenüber 1991 in der Gesamtrechnung komplett abgezogen wurde.

4.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D)

Den vorläufigen C_{org} -Vorratsschätzungen für die Landwirtschaft liegt die einzige für das Bundesgebiet flächendeckend vorhandene Bodenkarte im Maßstab 1: 1000000 (BÜK 1000) zu Grunde. Diese integriert Bodeninformationen großflächig und aggregiert Kennwerte in Klassen. Entsprechend diesen Ausführungen sind die Streumaße sehr groß. Die potentielle Spannweite für den organischen Kohlenstoffvorrat bis 30 cm Tiefe ist für die 72 Bodeneinheiten der BÜK 1000 im Mittel um 37 % größer als das Lagemaß. Zeitreihen zu C_{org} -Gehalten in Böden existieren nur punktuell auf Dauerbeobachtungsflächen und sind flächenhaft nicht vorhanden.

Die Anteile von Acker- und Grünlandflächen sowie für landwirtschaftliche Flächen heterogener Struktur entstammen den CORINE-Daten zur Bodenbedeckung. Die Beträge der Flächen weichen absolut von denen der Flächenerhebung und der Bodennutzungshaupterhebung ab. Gegenüber der Flächenerhebung 1993 wird die Landwirtschaftsfläche um ca. 11 %, gegenüber der Bodennutzungshaupterhebung 1991 um ca. 21 % überschätzt. Das Verhältnis von Grün- zu Ackerland ist gegenüber demjenigen der Bodennutzungshaupterhebung in den einzelnen Landkreisen jedoch relativ konstant: der Median der Abweichung beträgt 6,6 %; Das bedeutet, der Anteil an Ackerland an der Landwirtschaftsfläche wird überschätzt, der des Grünlandes unterschätzt. Auf die Berechnung der gewichteten Kohlenstoffvorräte hat dies jedoch keinen Einfluss.

Der absolute Unterschied zwischen der Landwirtschaftsfläche der Flächenerhebung 1993 und der der Bodennutzungshaupterhebung 1991 beträgt 8,4 %. Ursachen für diesen Unterschied sind

- das Erhebungsprinzip (Betriebsprinzip (BOHE), Belegenheitsprinzip (FE))
- der zeitliche Versatz der Erhebungen (2 Jahre)

- definatorische Unterschiede
 - die Aktualisierungsintervalle der Katasterflächen
- und vor allem

- die Abschneidegrenzen (laut novelliertem Agrarstatistikgesetz (BGBl 1992) werden Betriebe von der BOHE ausgenommen, wenn sie eine bestimmte Tierbestandsmindestgröße unterschreiten oder über weniger als 2 ha Fläche verfügen).

Untersuchungen von Erhard *et al.* (2002) zeigen, dass dadurch mit der Bodennutzungshaupterhebung ca. 10 % der Fläche nicht erfasst werden. Zum Ausgleich und Vergleich der Ergebnisse, wurden die Werte der Flächenberechnung auf Grundlage der BOHE an die tatsächlichen Werte der Flächenerhebung angeglichen, unter der Annahme, dass die Verteilung der Landnutzungsklassen und der Bodeneinheiten auf den fehlenden ca. 10 % der Fläche denen der Restfläche entsprechen und für die absoluten Flächenunterschiede zwischen den Jahren verantwortlich sind. Die so korrigierten Werte sind die für die Berichterstattung maßgeblichen.

Es lagen keine absoluten Flächenzahlen aller Nutzungen auf Kreisebene vor und die Daten der BOHE lassen durch die Anonymisierung, außer zusammenfassenden, pauschalen Feststellungen, keine Aussagen über Landnutzungsänderungen zu. Berechnet werden konnten lediglich die Kohlenstoffunterschiede auf Basis der absoluten Zu- bzw. Abnahme der Landwirtschaftsfläche. Auch geben die bei der BOHE erhobenen Parameter keine Auskunft über die Art und Intensität der Bewirtschaftung (e.g. tillage, no tillage) im Sinne der IPCC Revised Guidelines (1996), noch werden entsprechende Daten in Deutschland erhoben (vgl. Kap. 4.2). So konnte auch der Einfluss der Art und Intensität der Landbewirtschaftung auf die Kohlenstoffvorräte in den landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands nicht festgestellt werden. Deshalb konnten für diesen Bericht keine vollständigen Berechnungen bzgl. LU-LUC durchgeführt werden. Der Anspruch einer vollständigen Berichterstattung nach CRF konnte daher nicht erfüllt werden.

Bei der Zusammenstellung von Daten zur Landnutzung ergaben sich Probleme, die der politischen Entwicklung in Deutschland nach 1989 geschuldet sind. Da die Wiedervereinigung erst im Oktober 1990 vollzogen wurde, wurden die ersten, nach einheitlichem Reglement gewonnenen statistischen Daten zu Landwirtschaftsfläche und Landnutzung für ganz Deutschland 1991 erhoben, weswegen die Landnutzung des Jahres 1991 als Basis den Berechnungen zugrunde gelegt wurde.

Weitere Schwierigkeiten ergaben sich bei der Vorbereitung für den Vergleich der Daten der BOHE 1991 mit BOHE 1999. Die verwaltungstechnische Einteilung der Kreise wurde nach der Wiedervereinigung in den neuen Bundesländern umstrukturiert, sprich, es erfolgte u.a. eine Kreisneuordnung in den neuen Bundesländern zwischen den beiden BOHE. Dies führte dazu, dass „Altkreise“ aggregiert oder aufgeteilt und neu zugeteilt werden mussten. Da die Angaben zur Landwirtschaftsfläche in der BOHE nicht georeferenziert sind, wurde die Aufteilung anteilhaft vorgenommen, wobei Fehler auf Kreisebene gemacht wurden, die, obschon nicht genau bezifferbar, gering sind. In der bundesweiten Summe gleicht sich dies aus.

4.4.1 Landwirtschaft

In Tabelle 4 sind die Summen der Flächen und C_{org} -Vorräte für die einzelnen Landnutzungsklassen dargestellt, wie sie sich bei alleiniger Nutzung der BOHE-Daten ergeben bzw. nach quantitativer Korrektur und Verbesserung durch Einbeziehung der FE-Daten darstellen zusammengefasst (Tabelle 4). Zum Vergleich wurden in Tabelle 2 die Werte aufgenommen, die sich aus alleiniger Nutzung der CORINE-Daten ergeben.

Tabelle 2: Flächen (km²) und Kohlenstoffvorräte (Mt) in 0-30 cm Tiefe der Landwirtschaftsfläche Deutschlands, basierend auf den CORINE Landcover-Daten

Alle Böden (CORINE) Nutzung	Fläche (km ²)		C_{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	145382	1142	749	2191
Grünland	43103	452	247	921
Gartenland/Brache	28036	251	166	491
ges. Landwirtschafts-Fläche	216522	1845	1162	3603

Tabelle 3: Flächen (km²), Kohlenstoffvorräte und Vorratsänderung von 1991 nach 1999 (Mt) in 0-30 cm Tiefe der Landwirtschaftsfläche Deutschlands, basierend auf den Daten der Bodennutzungshaupterhebung 1991 und 1999, BÜK 1000

Alle Böden (BOHE 91)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	115784	915	600	1760
Grünland	53436	551	310	1116
Gartenland / Brache	10222	95	56	187
ges. Landwirtschafts-Fläche	179442	1562	966	3063
Alle Böden (BOHE 99)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	118546	935	614	1797
Grünland	51251	529	298	1068
Gartenland / Brache	10813	102	61	199
ges. Landwirtschafts-Fläche	180610	1565	973	3064
Alle Böden (BOHE 99 – BOHE 91)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	% (91)	Summe	Spannweite
Ackerland	2762	2,4	19,59	1196,7
Grünland	-2185	-4,1	-22,51	818,3
Gartenland / Brache	591	5,8	6,35	143,3
ges. Landwirtschafts-Fläche	1166	0,6	3,44	2097,9

Es wird deutlich, dass die Landwirtschaftsfläche bei alleiniger Nutzung BOHE 1999 gegenüber 1991 insgesamt geringfügig zugenommen hat (0,6 %), wobei Ackerland (2,4 %) und Brache (8,6 %) zugenommen, Grün- (-4,1 %) sowie Gartenland (-8,8 %) abgenommen haben, was in der Summe zu einem geringen C_{org}-Vorratszuwachs von 3,44 Mt führt, bei einem Range von 2098 Mt (Tab. 3) Entgegen diesen Werten weisen die Ergebnisse der Flächenerhebung insgesamt einen Rückgang der Landwirtschaftsfläche um -2,1 %, von 195112 km² in 1993 auf 191028 km² in 2001 für Deutschland nach. Da diese Zahlen, die auf das Liegenschaftskataster bezogene tatsächlich genutzte Fläche wiedergeben, wurden die Werte der BOHE an diese angepasst. Tabelle 4 zeigt das Ergebnis.

Während das Ackerland (-0,4 %) zwischen den Jahren 1991 und 1999 praktisch keine Veränderung aufweist, ist für Grünland (-11,2 %) und Gartenland (-6,5 %) eine deutliche Abnahme zu verzeichnen; die Brache (5,8 %) hat wiederum zugenommen. Diese Art der Berechnung führt zu einer C_{org}-Vorratsänderung von -42,6 Mt bei einem Range von 2312 Mt (Tab. 3). Die Vorratsunterschiede sind jedoch nur auf die Zu- bzw. Abnahme der Landwirtschaftsfläche zurückzuführen. Ob für Deutschland eine netto CO₂-Freisetzung oder Einbindung mit diesen Veränderungen verbunden ist kann derzeit nicht entschieden werden. Erst wenn es möglich wird, Informationen darüber zu erhalten, woher Flächenzunahmen kommen und wohin Flächenabnahmen gehen, wird es möglich sein, hier zumindest eine qualifizierte Abschätzung vorzunehmen. Die Unterschiede in und Tabelle 4 bzgl. des Kohlenstoffvorrats für die Landwirtschaftsfläche Deutschlands beruhen auf den unterschiedlichen Gesamtflächen, die der Berechnung zugrunde liegen (vgl. Kap. 7.4.4); die für die Berichterstattung relevanten Werte ergeben sich aus Tab. 4.

Tabelle 4: Flächen (km²), Kohlenstoffvorräte und Vorratsänderung von 1991 nach 1999 (Mt) in 0-30 cm Tiefe der Landwirtschaftsfläche Deutschlands, basierend auf den Daten der Bodennutzungshaupterhebung 1991 und 1999 bezogen auf die absolute Fläche der Flächenerhebung 1993 und 2001, BÜK 1000

Alle Böden (BOHE 91 korrigiert nach FE 93)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	125893	995	653	1913
Grünland	58101	599	337	1213
Gartenland / Brache	11115	104	61	204
ges. Landwirtschafts-Fläche	195112	1698	1051	3331
Alle Böden (BOHE 99 korrigiert nach FE 01)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	125384	989	649	1901
Grünland	54207	559	315	1129
Gartenland / Brache	11437	108	65	211
ges. Landwirtschafts-Fläche	191028	1655	1029	3241
Alle Böden (BOHE 99 korrigiert nach FE 01 – BOHE 91 korrigiert nach FE 93 und 01)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	Spannweite
	Summe	% (91)		
Ackerland	-511	-0,4	-6,40	1263,9
Grünland	-3895	-11,2	-40,13	898,5
Gartenland / Brache	322	2,9	3,90	149,2
ges. Landwirtschafts-Fläche	-4084	-2,1	-42,63	2311,6

Aus den ermittelten Zahlen ist die Bedeutung der Landnutzung für den organischen Kohlenstoffgehalt der Böden abzulesen. Obschon 64 % der Landwirtschaftsfläche Deutschlands für Ackerbau und 29 % für Grünland verwendet werden, sind im Ackerland nur 59 % der Kohlenstoffvorräte bis 30 cm Tiefe gespeichert, im Grünland 35 %. Dies liegt an den geringeren Vorräten im Ackerland, wie Tabelle 5 zum Ausdruck bringt.

Tabelle 5: C_{org}-Vorräte (0-30 cm in t C ha⁻¹) in einzelnen Kompartimenten der Landwirtschaftsfläche Deutschlands

Nutzung	C _{org} (t ha ⁻¹)	
	Median	Range
Acker	74	132
Grünland	89	204
LW _{heterogen}	81	208

Gemäß CRF sind die Angaben in Masseinheiten CO₂ und nicht in Masseinheiten C wie in den obigen Tabellen, erforderlich. Die folgende Tabelle 6 stellt die mit dem Faktor 3,664 (44,0098 / 12,011) für die Konvertierung von C_{org} in CO₂ umgerechneten Ergebnisse zusammen.

Tabelle 6: Kohlenstoffinventare der oberen 30 cm⁵ der landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands basierend auf den Daten der BOHE 1991 und 1999, sowie basierend auf den Daten der BOHE 1991 und 1999 jeweils bezogen auf die Ergebnisse der Flächenerhebung 1993 und 2001

Kohlenstoffinventare (BOHE 91, BOHE 99)			
	Fläche (km ²)	CO ₂ Eq. (Tg)	Range
1991	179442	5722	7683
1999	180611	5735	7662
Kohlenstoffinventare (BOHE 91 korrigiert nach FE 93, BOHE 99 korrigiert nach FE 01)			
	Fläche (km ²)	CO ₂ Eq. (Tg)	Range
1991	195112	6222	8353
1999	191028	6066	8104

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Berechnungen zu Kohlenstoffvorrat (Tabelle 7 / Tabelle 8) und Mineralisierung (Tabelle 9) der in Deutschland landwirtschaftlich genutzten organischen Böden vorgelegt.

Tabelle 7: Fläche (km²) und C_{org}-Vorräte (Mt) der Organischen Böden Deutschlands unter landwirtschaftlicher Nutzung nach BOHE 1991 und 1999 und BÜK 1000 sowie die Differenzen zwischen den Erhebungsjahren

Organische Böden 1991 (BOHE 91)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	4662	121,4	35,0	273,1
Grünland	8621	217,2	62,0	488,7
Gartenland / Brache	479	11,5	3,2	25,9
ges. Landwirtschafts-Fläche	13762	350,1	100,2	787,7
Organische Böden 1999 (BOHE 99)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	4773	124,3	35,9	279,6
Grünland	8269	208,3	59,5	468,7
Gartenland / Brache	507	12,2	3,4	27,4
ges. Landwirtschafts-Fläche	13549	344,8	98,8	775,7
Differenz 1999 – 1991 (BOHE 99 – BOHE 91)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	Range	
Ackerland	111	2,9	244,6	
Grünland	-353	-8,9	429,2	
Gartenland / Brache	+8	+0,7	24,1	
ges. Landwirtschafts-Fläche	-214	-5,3	688,9	

⁵ Obwohl aus den enthaltenen organischen Böden zwischen 1991 und 1999 ein erheblicher jährlicher Verlust durch Torfmineralisierung auftritt (vgl. Tabelle 7 und Tabelle 8), ist dieser hier nicht zu berücksichtigen, da die Mächtigkeit der organischen Horizonte in der Regel noch nicht erschöpft ist. Der an der Oberfläche der betrachteten 30 cm verlorene Kohlenstoff wird durch darunter liegenden Kohlenstoff ausgeglichen. Zwar nimmt das Gesamtinventar in den organischen Böden ab, aber (noch) nicht der Gehalt in den jeweils oberen 30 cm, über die zu berichten ist, da nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Arbeitsgruppe Boden 1994) Böden einen Torfhorizont von mind. 30 cm Mächtigkeit aufweisen müssen, um als Nieder- bzw. Hochmoor kartiert zu werden.

Tabelle 8: Fläche (km²) und C_{org}-Vorräte (Mt) der Organischen Böden Deutschlands nach BOHE 1991 und 1999 und BÜK 1000 sowie die Differenzen zwischen den Erhebungsjahren bezogen auf die tatsächliche Landwirtschaftsfläche nach FE 1993 und 2001

Organische Böden 1991 (BOHE 91 korrigiert nach FE 93)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	5069	131,9	38,1	296,9
Grünland	9374	236,1	67,5	531,3
Gartenland / Brache	521	12,5	3,5	28,1
ges. Landwirtschafts-Fläche	14964	38,05	109,1	856,4
Organische Böden 1999 (BOHE 99 korrigiert nach FE 01)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	min.	max.
Ackerland	5049	131,4	37,9	295,7
Grünland	8746	220,3	62,9	495,7
Gartenland / Brache	536	12,9	3,6	28,9
ges. Landwirtschafts-Fläche	14331	364,6	104,4	82,03
Differenz 1999-1991 (BOHE 99 korrigiert nach FE 01 – BOHE 91 korrigiert nach FE 93)				
Nutzung	Fläche (km ²)		C _{org} -Vorrat (Mt)	
	Summe	Summe	Range	
Ackerland	-21	-0,5	259,0	
Grünland	-628	-15,8	468,4	
Gartenland / Brache	15	0,4	25,4	
ges. Landwirtschafts-Fläche	-634	-15,9	751,9	

Tabelle 9: Fläche (km²) der organischen Böden Deutschlands, Mineralisierungsraten sowie die CO₂-C-Verluste (Mt) durch Torfmineralisierung infolge landwirtschaftlicher Nutzung bezogen auf die tatsächliche Landwirtschaftsfläche 1991 und 1999

Mineralisierungsverluste 1991 (BOHE 91 korrigiert nach FE 93)					
Nutzung	Fläche (km ²)		Rate (t ha ⁻¹ a ⁻¹)	CO ₂ -C-Verluste (Mt)	
	Summe	Summe		min	max.
Ackerland	5069	11	5,576	5,373	8,364
Grünland	9374	5	4,687	2,306	7,153
Gartenland/Brache	521	5	0,2605	0,128	0,398
gesamte Landwirtschafts-Fläche	14964		10,524	7,807	15,915
Mineralisierungsverluste 1999 (BOHE 99 korrigiert nach FE 01)					
Nutzung	Fläche (km ²)		Rate (t ha ⁻¹ a ⁻¹)	CO ₂ -C-Verluste (Mt)	
	Summe	Summe		min	max.
Ackerland	5049	11	5,554	5,352	8,330
Grünland	8746	5	4,373	2,151	6,673
Gartenland/Brache	536	5	0,268	0,132	0,409
gesamte Landwirtschafts-Fläche	14331		10,195	7,635	15,413

4.4.2 Wald

Die für Waldböden verfügbaren C_{org}-Vorratsdaten stammen aus der ersten Bodenzustandserhebung im Wald (Beprobungszeitraum 1987-1993) und werden für das CRF verwendet. Der gesamte C-Vorrat beträgt 0,858 Pg. Der mittlere Gehalt pro ha bis zu 30 cm Tiefe einschließlich der Humusschicht beträgt 80,2 t C (BML 1997). Beide Werte sind signifikant höher als die nach BÜK 1000 errechneten. So enthalten die Profile in der BÜK 1000 unter

Wald typischerweise geringere C_{org} -Vorräte als Profile desselben Bodentyps unter Acker- oder Weideflächen. Das ist inkonsistent mit der allgemeinen Kenntnis, dass Waldböden höhere Vorräte an C_{org} enthalten als Ackerflächen und liegt daran, dass der Auflagehumus bei dieser Erhebung keine Berücksichtigung findet. Dies zeigt, dass bei der Nutzung von Bodenkarten als Quelle für Berechnungen des Bodenkohlenstoffvorrats sehr sorgfältig vorgegangen werden muss.

4.4.3 Kalkung

Die Daten für die Kalkung wurden aus der Gesamtberechnung der Dünger abgeleitet. Deshalb können Probenahmefehler nicht angegeben werden. Da die Unternehmen die gesetzliche Auskunftspflicht haben, ist die Datensammlung vollständig.

Es muss angemerkt werden, dass die Daten die Auslieferungen von Produzenten und Importeuren an die Großhändler und Endnutzer beschreiben. Sie geben keine direkte Information über die jährliche Nutzung von Düngern in Land- und Forstwirtschaft. Unterschiede sind möglich

- wegen Änderungen in Handelslagerbeständen
- Nutzung des Düngers außerhalb der Land- und Forstwirtschaft, d.h. auf Privatflächen, Gärten, Sportanlagen

Bis 1992/93 bezogen sich die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Ergebnisse auf den jeweiligen Gebietsstand des früheren Bundesgebiets. Für das Gebiet der ehemaligen DDR wurden Angaben für die Jahre 1950 bis 1989 vom BMVEL auf Basis der Statistik der DDR auf die Kategorien der Düngemittelstatistik der Bundesrepublik Deutschland umgerechnet und damit vergleichbar gemacht. Für die Jahre 1990-1992 wurden die Daten des DDR-Düngemittelverbrauchs wegen fehlender Erhebungen linear fortgeschrieben. Ab 1993/94 werden die Ergebnisse für das vereinte Deutschland erhoben und veröffentlicht.

Tabellen der CO_2 -Emissionen aus der Düngekalkanwendung in der Landwirtschaft (Tabelle 100600.2) und Forstwirtschaft (Tabelle 100600.3) für die Länder der Bundesrepublik Deutschland finden sich weiter vorn in diesem Band (Lüttich et al. 2004: Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002, Part 2: Tables).

4.4.4 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die dargestellten Nettoemissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands vergleichend zusammengefasst (Kap. 4.4.1 u. 4.4.3). Diese Emissionen speisen sich aus dem Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche an andere Landnutzungsformen, sowie der Torfmineralisierung in organischen Böden und der Kalkzufuhr zu landwirtschaftlichen Böden. Da nicht ermittelt werden konnte, ob der Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche an andere Landnutzungsformen zu realen CO_2 -Emissionen geführt hat, stellen diese Zahlen nur eine Abschätzung unter Annahme des ungünstigsten Falles (totaler Verlust des gesamten organischen Kohlenstoffs aus den oberen 30 cm des Bodens) dar. Demgegenüber stellen die in den folgenden Tabelle 10 und Tabelle 11 für den Zeitraum 1991 bis 1999 für die Jahre 1990 und 2002 ermittelten CO_2 -Emissionen aus Torfmineralisierung und Kalkung eine reelle Abschätzung dar. Wegen der unterschiedlichen Qualität der Daten wurde darauf verzichtet, diese Quellen in einer gemeinsamen Tabelle darzustellen.

Aus Tabelle 10 geht hervor, dass durch den Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche an andere Landnutzungsformen im ungünstigsten Fall eine maximale Emission von 156 Tg CO_2 -Equivalenten über neun Jahre bzw. max. 17356 Gg pro Jahr verursacht worden sein könnte (kompletter Abbau der organischen Substanz in der bezeichneten Fläche). Hinzu kommen gemäß Tab. 11 CO_2 -Emissionen aus Torfmineralisierung und Kalkung in Höhe von 39160 Gg. Angesichts der im Vergleich zur gesamten Landwirtschaftsfläche sehr viel geringeren Fläche der organischen Böden, stellt die Torfmineralisierung offensichtlich einen „Hot Spot“ der CO_2 -Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächen dar.

Tabelle 10: Zusammenstellung der C_{org}-Vorratsunterschiede landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands 1991 und 1999 infolge von Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche an andere Landnutzungsformen

C_{org}-Vorratsänderung (BOHE 91, BOHE 99)			
Nutzung	CO ₂ Eq. (Tg)		Range
	Summe		
Ackerland	-71,78		3986,2
Grünland	82,48		2725,7
Gartenland/Brache	-23,27		477,4
gesamte Landwirtschafts-Fläche	-12,60		6961,6
C_{org}-Vorratsänderung (BOHE 91 korrigiert nach FE 93, BOHE 99 korrigiert nach FE 01)			
Nutzung	CO ₂ Eq. (Tg)		Range
	Summe		
Ackerland	23,45		4210,2
Grünland	147,04		2993,1
Gartenland/Brache	-14,29		499,4
gesamte Landwirtschafts-Fläche	156,20		7665,6

Tabelle 11: Zusammenstellung der CO₂ Emissionen für 1990 (Fläche gemäß BOHE 1991, korrigiert nach FE 93) und 2002 (Fläche gemäß BOHE 1999, korrigiert nach FE 01) aus landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands infolge von Mineralisierung organischer Böden und Kalkung (Kalkwerte 1990 u. 2002)

Fläche gemäß BOHE 1991, korrigiert nach FE 93				
Nutzung	Mineralisierung (Gg CO ₂ Eq)		Kalkung (Gg)	Summe(Gg)
	Summe	Range		
Ackerland	20432,05	10959,01		
Grünland	17174,42	17758,35		
Gartenland/Brache	954,58	987,03		
gesamte Landwirtschafts-Fläche	38561,05	29704,39	2479,9	41040,95
Fläche gemäß BOHE 1999, korrigiert nach FE 01				
Nutzung	Mineralisierung (Gg CO ₂ Eq)		Kalkung (Gg)	Summe(Gg)
	Summe	Range		
Ackerland	20349,16	10914,55		
Grünland	16023,02	16567,80		
Gartenland/Brache	982,23	1015,63		
gesamte Landwirtschafts-Fläche	37354,41	28497,98	1805,4	39159,81

Die in Tabelle 11 dargestellten Emissionen wurden als solche für 1990 und 2002 in die CRF-Tabellen übertragen. Da für das Jahr 1990 keine Flächenangaben bezüglich der Verteilung der Landwirtschaftsfläche im wiedervereinigten Deutschland vorliegen, wurde für die CO₂-Emissionen aus organischen Böden das Ergebnis von 1991/93 auf das Basisjahr 1990 übertragen und in die CRF-Tabellen übernommen. Für 2002 wurde ebenfalls auf die zeitlich nächstgelegenen Daten zurückgegriffen (1999/2001). Die Werte für die Jahre 1994 -1998 wurden wie oben berechnet unter Nutzung der Ergebnisse der BOHE 1995 und der FE 1997.

Emissionen aus der Kalkung weiter vorn in diesem Band (Dämmgen et al.: Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002, Part 2: Tables) aufgeführt.

4.5 Quellenspezifische QA/QC und Überprüfung

Derzeit sind keine quellenspezifischen QA/QC und Überprüfungen für C_{org} Vorräte verfügbar. Für die Aktivitätsdaten und die Kalkung gilt, dass diese Daten offiziellen Statistiken entnommen wurden, die auf Bundesgesetzen mit gewöhnlich hochqualitativer Spezifizierung beruhen. Allgemeine Prinzipien sind Neutralität, Objektivität und wissenschaftliche Unabhängigkeit. Die Betroffenen sind durch das Gesetz zu Wahrhaftigkeit und Vollständigkeit aufgefordert.

4.6 Geplante quellenspezifische Verbesserungen

4.6.1 Landwirtschaft

Die zu der Berichterstattung für das Klimarahmenabkommen notwendigen Daten sind weder vollständig vorhanden, noch ist der Zugriff auf bereits vorhandene Daten in der gebotenen Art und Weise (regelmäßig, rechtlich abgesichert) möglich. Außerdem sind die Daten von unterschiedlicher Qualität und mitunter nur mit erheblichem Aufwand in eine untereinander kompatible Form zu bringen. Auch die personellen, technischen und IT-Voraussetzungen zur regel- und ordnungsgemäßen Berichtserstellung nach unten dargelegter Vorgehensweise sind nicht gegeben. Derzeit wird an Lösungen gearbeitet, um die damit verbundenen rechtlichen und verwaltungstechnischen Schwierigkeiten zu überwinden.

Insbesondere fehlen:

1. Flächendeckend Aktivitätsdaten zum Flächenmanagement (georeferenziert und auf jährlicher Basis),
 - zur Ermittlung der Managementfaktoren und Inputfaktoren des Defaultverfahrens
 - als Eingangsparameter für das Modell zur Berechnung der C-Gehalte.
2. Rechtlich und finanziell abgesicherter (kostenfreier) Zugriff auf diverse Datenquellen aufgrund
 - datenschutzrechtlicher Belange. (z.B. Daten sind nur aggregiert erhältlich; aggregierte Daten werden z.T. noch geschwärzt (auch BoHe; InVeKoS).
 - föderaler Belange (z.B. InVeKoS, Vermessungsdaten, Liegenschaftsdaten, geologische Daten in Hoheit der Länder, Kommunen oder landeseigener Gesellschaften)
3. Periodische Inventuren, die zeitgenau den Kohlenstoffvorrat in den landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands erfassen,
 - zur Schaffung einer zeitgenauen Karte über die C-Gehalte bzw. deren Veränderung in den landwirtschaftlichen Böden Deutschlands
 - zur einheitlichen Definition der Basislinie
 - als Eingangsparameter für das mathematische C-Modell
 - zur regelmäßigen Validierung der berechneten C-Vorräte

An folgenden, zwingend erforderlichen Schritten zu einer nachhaltigen Verbesserung, wird derzeit im Rahmen eines Forschungsprojektes sowie interministerieller Ausschüsse und Arbeitskreise intensiv gearbeitet: sind:

1. Implementierung eines Systems zur Erfassung der Managementdaten auf jährlicher Basis
2. Überprüfung der rechtlichen und verwaltungstechnischen Möglichkeiten und Voraussetzungen, notfalls Schaffung derselben, zur Beseitigung von Hindernissen beim Zugriff auf benötigte, vorhandene Daten.
3. Kohlenstoffinventur der landwirtschaftlich genutzten Böden (Planung läuft, Haushaltsmittel zur Einstellung in den Bundeshaushalt 2006 vorgeschlagen)

Des Weiteren werden folgende konkrete Schritte zur Verbesserung der Kohlenstoffinventare im kommenden Jahr durchgeführt:

1. Die Daten der Flächenerhebung und der Bodennutzungshaupterhebung werden 2004 vollständig als Berechnungsgrundlage auf Gemeindeebene herangezogen, zur
 - Zuordnung der Landnutzung
 - Ermittlung der Änderungen in der Flächennutzung
2. Die BÜK 1000 wird, wo möglich, durch die BÜK 200 oder vergleichbare Karten mit entsprechenden Informationen, bzw. georeferenzierten bodenkundlichen Informationen aus anderen Datenquellen (Bodendauerbeobachtung, Metadatenbanken usw.) ersetzt.
3. Als Grundlage für die Flächenverteilung, sowie als Grundlage für den Kartenverschnitt soll mit den Daten von CORINE 2000 gearbeitet werden
4. Eichung und Validierung des Kohlenstoffmodells (Roth-C) anhand der Daten von Bodendauerbeobachtungsflächen
5. Modellierung der Kohlenstoffgehalte für das Basis- und Berichtsjahr
6. Einbeziehung der InVeKoS (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem)-Daten (Erfassung aller einschlägigen Informationen zu allen EU-Förderflächen (gegenwärtig > 80 – 95 % der Deutschen Landwirtschaftsfläche). Die Meldungen müssen ab 1. Januar 2005 GIS-gestützt erfolgen, was die Georeferenzierung der betroffenen Landwirtschaftsfläche voraussetzt. Gegenwärtig wird geprüft, ob im Rahmen der Klimaberichterstattung auf die InVeKoS-Daten zurückgegriffen werden kann. Georeferenzierte Meldungen zu Landnutzung und Landnutzungsänderungen könnten so auf jährlicher Basis erhoben werden).

4.6.2 Wälder

Gegenwärtig wird die zweite Bodenzustandserhebung vorbereitet. Diese ist für 2006 bis 2008 terminiert. Es wird erwartet, dass mit den Auswertungen der ersten und zweiten Waldbodenzustandserhebung die Änderungen des C_{org}-Vorrats in Waldböden berechnet werden können.

5 Analyse der Hauptquellgruppen

Um die für die Berichterstattung notwendigen Aktivitäten und Kapazitäten bündeln zu können, müssen Schlüsselkategorien ermittelt werden, die im nationalen Inventarsystem herausgehoben sind, da ihr Beitrag einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtemission der Treibhausgase hat, bezüglich der absoluten Höhe der Emissionen bzw. im Beitrag zum zeitlichen Emissionstrend oder beiden. Um zu überprüfen, welches Gewicht diesbezüglich den Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden (in diesem Falle nur Moore) zukommt, wurde mittels der o.a. Ergebnisse und der entsprechenden Emissionswerte der anderen Berichtskategorien des NIR 2003 (UBA 2003) die Hauptquellgruppen erneut ermittelt. Die Ergebnisse der zur Ermittlung dieser Key Categories anzuwendenden Berechnungsverfahren nach dem Tier 1 – Ansatz der GPG (IPCC 2003) sind in Tab. 12 und 13 für das Jahr 2000 und das Bezugsjahr 1990 dargestellt. Es zeigt sich, dass die CO₂-Emissionen aus den landwirtschaftlich genutzten Mooren sowohl was ihre absolute Höhe (Level approach), als auch ihren zeitlichen Emissionstrend (Trend approach) betrifft, eine Schlüsselgruppe darstellen. Die Identifizierung einer solchen zieht die Verpflichtung zu einer weitreichenden und detaillierteren Berichterstattung nach sich.

Tabelle 12: Ermittlung der Hauptquellgruppen für Klimagase in Deutschland gemäß Tier 1 Level Approach (GPG 2003)

IPCC Source Category	Direct Gas	Base Year Estimate 1990 [Gg CO ₂ Eq]	Level Assessment [%]	Cumulative Total [%]	Key Sources
Emissions from					
Stationary Combustion: Gas	CO ₂	191145	18,58	18,58	↔
Mobile Combustion.: Road & Other	CO ₂	177651	17,27	35,84	↔
Stationary Combustion: Hard-coal	CO ₂	173535	16,87	52,71	↔
Stationary Combustion: Brown coal	CO ₂	173040	16,82	69,52	↔
Stationary Combustion: Oil	CO ₂	111129	10,80	80,32	↔
Agricultural Soils (organic)	CO ₂	37534	3,65	83,97	↔
Agricultural Soils	N ₂ O	27351	2,66	86,63	↔
Mineral Production	CO ₂	23502	2,28	88,91	↔
Enteric Fermentation in Domestic Livestock	CH ₄	20890	2,03	90,94	↔
Waste	CH ₄	16674	1,62	92,56	↔
Manure Management	N ₂ O	13838	1,34	93,91	↔
Coal & Mining, Fugitive	CH ₄	9968	0,97	94,88	↔
Total Emissions	HFCs	7700	0,75	95,63	
Oil & Gas Operations, Fugitive	CH ₄	7358	0,72	96,34	
Stationary Fuel Combustion	N ₂ O	5527	0,54	96,88	
Mobile Combustion.: Road and Other	N ₂ O	5175	0,50	97,38	
Adipic Acid Production	N ₂ O	5089	0,49	97,88	
Manure Management	CH ₄	4425	0,43	98,31	
Mobile Combustion: Aviation	CO ₂	4382	0,43	98,73	
Total Emissions	SF ₆	3442	0,33	99,07	
Product Use	N ₂ O	1860	0,18	99,25	
Chemical Production	CO ₂	1860	0,18	99,43	
Total Emissions	PFCs	1709	0,17	99,59	
Fuel Combustion	CH ₄	1268	0,12	99,72	
Wastewater Handling	N ₂ O	1240	0,12	99,84	
Mobile Combustion: Marine	CO ₂	877	0,09	99,92	
Metal Production	CO ₂	787	0,08	100,00	
Subtotal all gases		1028956	100,00		

Tabelle 13: Ermittlung der Hauptquellgruppen für Klimagase in Deutschland gemäß Tier 1 Trend Approach (GPG 2003)

IPCC Source Category Emissions from	Direct Gas	Base Year Estimate		Trend Assessment	Contribution to Trend [%]	Cumulative Total [%]	Key Sources
		1990	2000				
		[Gg CO ₂ Eq]					
Stationary Combustion: Brown coal	CO ₂	343372	173040	0,10406	33,19	33,19	→
Stationary Combustion: Gas	CO ₂	158041	191145	0,06047	19,29	52,48	→
Mobile Combustion.: Road & Other	CO ₂	156913	177651	0,04825	15,39	67,87	→
Stationary Combustion: Hard-coal	CO ₂	182332	173535	0,02410	7,69	75,56	→
Waste	CH ₄	39768	16674	0,01532	4,89	80,45	→
Adipic Acid Production	N ₂ O	25420	5089	0,01521	4,85	85,30	→
Coal & Mining, Fugitive	CH ₄	25767	9968	0,01074	3,43	88,72	→
Agricultural Soils (organic)	CO ₂	38561	37534	0,00591	1,88	90,61	→
Total Emissions	HFCs	2340	7700	0,00563	1,80	92,40	→
Stationary Combustion: Oil	CO ₂	140806	111129	0,00363	1,16	93,56	→
Mineral Production	CO ₂	24664	23502	0,00329	1,05	94,61	→
Mobile Combustion.: Road and Other	N ₂ O	3193	5175	0,00250	0,80	95,41	→
Fuel Combustion	CH ₄	4492	1268	0,00233	0,74	96,15	
Agricultural Soils	N ₂ O	30926	27351	0,00206	0,66	96,81	
Mobile Combustion: Aviation	CO ₂	2897	4382	0,00196	0,63	97,43	
Enteric Fermentation in Domestic Livestock	CH ₄	28035	20890	0,00192	0,61	98,05	
Oil & Gas Operations, Fugitive	CH ₄	7014	7358	0,00159	0,51	98,55	
Stationary Fuel Combustion	N ₂ O	8182	5527	0,00112	0,36	98,91	
Mobile Combustion: Marine	CO ₂	2471	877	0,00111	0,35	99,26	
Manure Management	N ₂ O	17771	13838	0,00064	0,20	99,47	
Total Emissions	PFCs	2694	1709	0,00047	0,15	99,62	
Product Use	N ₂ O	1860	1860	0,00033	0,11	99,73	
Total Emissions	SF₆	3896	3442	0,00026	0,08	99,81	
Wastewater Handling	N ₂ O	1240	1240	0,00022	0,07	99,88	
Manure Management	CH ₄	5665	4425	0,00019	0,06	99,94	
Chemical Production	CO ₂	2100	1860	0,00014	0,05	99,98	
Metal Production	CO ₂	904	787	0,00005	0,02	100,00	
Subtotal all gases		1261324	1028956	0,31			

6 Literatur

- Arbeitsgruppe Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). 4. Aufl; S. 392; Hannover
- Augustin, J. (2001): Emission, Aufnahme und Klimarelevanz von Spurengasen. - In: Succow, M. & H. Joosten [Hrsg.]: Landschaftsökologische Moorkunde. 2., völlig neubearbeitete Aufl.: 28-38; Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- BGBI (Bundesgesetzblatt) (1992): Gesetz über Agrarstatistiken (Agrarstatistikgesetz-AgrStatG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Oktober 1992 (BGBI I S. 1633)
- BML (Hrsg.) (1997): Deutscher Waldbodenbericht 1996. Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald von 1987 – 1993 (BZE), Bd. 1
- BGR (1997): Digitale Bodenübersichtskarte der BRD (BUEK 1000); Maßstab: 1:1.000.000; Hannover
- Erhard, M., C. Everink, C. Julius & P. Kreins (2002): Bundesweite Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Agrarstatistikdaten und aktuellen Daten zur Bodennutzung. Forschungsbericht 200 71 247 UBA-FB 000341; UBA Texte 71/02
- Höper, H. (2002): Carbon and nitrogen mineralization rates in German agriculturally used fenlands. In: Broll, G. Merbach, W. und E.-M. Pfeiffer (Hrsg.): Wetlands in Central Europe. Soil organisms, soil ecological processes, and trace gas emissions. Springer, Berlin, 149-164.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2003): Good Practice Guidance For Land Use, Land Use Change And Forestry
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 1 - 3. Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions (Vol. 1), Workbook (Vol. 2), Reference Manual (Vol. 3). IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell
- Meyer, K. (1999): Die Flüsse der klimarelevanten Gase CO₂, CH₄, N₂O eines nordwestdeutschen Niedermoors unter dem Einfluss der Wiedervernässung., Göttinger Bodenkundliche Berichte; Band 111, 134 S.

- Mundel, G. (1976): Untersuchungen zur Torfmineralisation in Niedermooren. - Archiv Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde. H. 10, 20: 669-679
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.)(2002): Bodenflächen nach Art der tatsächlichen Nutzung in Deutschland. Aktualisiert am 6. November 2003. <http://www.destatis.de>
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.)(2002): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2001; Fachserie 3, Reihe 5.1; Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.)(2000): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Bodennutzung der Betriebe, Agrarstrukturerhebung 1999; Fachserie 3, Reihe 2.1.2; Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.)(1994): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 1993; Fachserie 3, Reihe 5.1; Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.)(1992): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Bodennutzung der Betriebe, Agrarstrukturerhebung 1991; Fachserie 3, Reihe 2.1.2; Wiesbaden
- Umweltbundesamt (2003): Deutsches Treibhausgasinventar 1990 – 2001 - Nationaler Inventarbericht 2003; Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. S. 169, Berlin