

Abteilung Pflanzliche Erzeugung

Gustav-Kühn-Straße 8, 04159 Leipzig

Internet: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>

Bearbeiter: Dr. Hartmut Kolbe
E-Mail: hartmut.kolbe@smul.sachsen.de
Tel.: 0341 9174-149; Fax: 0341 9174-111
Redaktionsschluss: 31.05.2010

Einfluss des Klimawandels auf Humus- und Stickstoffvorräte im Boden sowie Kompensationsmöglichkeiten durch Landwirtschaft am Beispiel von Sachsen

Einleitung

Der Humus bzw. die organische Substanz des Bodens hat eine große Bedeutung u. a. für die Bodenstruktur, als Nährstoffspeicher und in der Nährstoffdynamik im Jahreskreis. Wichtige Grundnährstoffe (N, P, S) sowie einige Spurenelemente sind direkt im Humus eingebaut, es ist deren Hauptspeicher im Boden. Der Humusumsatz eines Standortes ist von Einflussfaktoren des Klimas bzw. der Witterung (Temperatur, Niederschlag bzw. Wasserversorgung), des Bodens (z.B. Tongehalt) und der Bewirtschaftung (Fruchtfolge, Qualität und Zufuhrhöhe an organischer Substanz, etc.) abhängig. Da der Boden in diesem Zusammenhang als Quelle und auch als Senke sowohl für klimawirksame Stoffe (CO₂, N₂O, CH₄, NH₃) als auch für landwirtschaftlich bedeutende Produktionsfaktoren (u. a. Nährstoffe) fungiert, können Änderungen des Humusgehaltes große Bedeutung sowohl direkt für den Klimawandel, für weitere Umweltwirkungen (Wasserschutz, Biodiversität) und für die Bodenfruchtbarkeit aufweisen.

Die für Sachsen zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Humus¹ bzw. C_{org}- und N_t-Gehalte des Bodens sowie potenzielle Möglichkeiten der Gegensteuerung durch Bewirtschaftungs- und Nutzungsänderungen wurden für folgende drei Standorte im Zeitraum 2000 – 2050 untersucht:

- Agrarstrukturgebiet 1, D-Standort (anlehmiger Sand), 1,36 % C_{org}, 0,14 % N_t, um 135 m NN, 9,1 °C Durchschnittstemperatur, 503 mm Jahresniederschlag, erwartete Klimaänderung: Temperatur +0,9 bis +2,1 °C, Niederschlag -6 bis -126 mm
- Agrarstrukturgebiet 3, Lö-Standort (sandiger Lehm), 1,38 % C_{org}, 0,16 % N_t, um 200 m NN, 9,7 °C (+1,0 bis +2,3 °C), 594 mm (-25 bis -54 mm)
- Agrarstrukturgebiet 4, V-Standort (sandiger Lehm), 2,12 % C_{org}, 0,24 % N_t, um 420 m NN, 8,2 °C (+1,0 bis +2,4 °C), 688 mm (-31 bis -118 mm).

¹ Humus = C_{org} * 1,724

Einfluss des Klimawandels

Bei Beibehaltung der augenblicklichen landwirtschaftlichen Bewirtschaftung (Fruchtfolge, Düngung, Ertragsniveau, siehe Tab. 1, Var. 0) ist auf den Sandböden des D-Standortes durch den prognostizierten Klimawandel (Anstieg der Temperatur, Abfall der Niederschläge) zu erwarten, dass die Humusgehalte von Ausgangs im Jahr 2000 von ca. 1,36 % bis zum Jahr 2050 um 0,15 % C_{org} (0,06 – 0,17 % je nach Berechnungsverfahren) abnehmen werden (Abb. 1 u. 2). Auf dem Lö-Standort des Mittelsächsischen Lößgebietes werden zwar je nach Verfahren etwas unterschiedliche Ergebnisse berechnet, die zu erwartenden Auswirkungen sind insgesamt aber nicht sehr groß. Es wird bei einem durchschnittlichen Gehalt von 1,38 % C_{org} ein leichter Abfall von rechnerisch 0,04 % (+0,06 bis -0,09 %) C_{org} erwartet.

Entsprechend den postulierten Klimaszenarien wird sich das Klima der Vorgebirgslagen am V-Standort im Jahr 2050 in den Durchschnittswerten der Temperatur und der Niederschlagsmenge immer mehr den klimatischen Bedingungen des Lö-Standortes von heute im Jahr 2000 anpassen. Da für beide Standorte weitgehend ähnliche Bodenverhältnisse zu Grunde gelegt werden (sandiger Lehm), liegt es Nahe anzunehmen, dass sich die Humusgehalte entsprechend den zu erwartenden klimatischen Bedingungen ebenfalls angleichen werden. Auf Standorten mit Vorgebirgsklima (niedrige Temperaturen, rel. hohe Niederschläge) stellen sich im Allgemeinen mit der Zeit vergleichsweise hohe Gehalte an Humus und hohe Werte an N_t im Boden ein. Daher wird heute im Agrarstrukturgebiet 4 ein durchschnittlicher Gehalt von 2,12 % C_{org} vorgefunden. Durch den zu erwartenden Klimawandel werden sich diese Gehalte aller Voraussicht nach deutlich reduzieren. Je nach zugrunde gelegtem Klimaszenario und dem verwendeten Berechnungsverfahren beträgt die Spannbreite der zu erwartenden Gehaltsänderung von weitgehender Aufrechterhaltung (+0,02 % C_{org}) bis zu einer Abnahme um 0,43 % C_{org} , bzw. eine Abnahme von bis zu 0,86 % C_{org} bei Zugrundelegung von etwas deutlicheren klimatischen Veränderungen (Abb. 2).

Weiterhin ist zu bedenken, dass es in Folge dieses Klimawandels zu einer parallelen Entwicklung der N_t -Gehalte und darüber hinaus voraussichtlich auch mit anderen im Humus gebundenen Nährstoffen (P, S) kommen wird. Daher erscheint es sehr plausibel, dass bei Erhöhung der Temperatur (und Abfall der Niederschläge) es dann zu einer stärker ausgeprägten Abnahme der C_{org} - und N_t -Werte des Bodens von Vorgebirgslagen kommt als in Gebieten, in denen bereits eine rel. hohe Durchschnittstemperatur vorherrscht. Auf Grund der Gesetzmäßigkeit zwischen Temperatur und Humusumsatz wird mit steigenden Temperaturen der Abfall im Humusgehalt und auch im N_t -Gehalt immer geringer. Neben der Freisetzung von erheblichen Kohlenstoffmengen, dürfte hierbei vor allem auch die Mineralisation an Stickstoff zu beachten sein.

Durch den postulierten Klimawandel kommt es daher zu einem teilweise deutlichen Rückkopplungsprozess, der insbesondere von der angenommenen Temperaturerhöhung ausgeht und dessen Ausmaß in Europa von Süd nach Nord und von den Niederungen zu den Höhenlagen und Bergregionen deutlich zunehmen dürfte. Der Temperaturanstieg bewirkt eine Abnahme des Humusgehaltes durch Freisetzung an CO_2 und aller Voraussicht nach auch durch Erhöhung der N_2O -Emissionen auf Grund der mineralisierten N-Äquivalente aus dem Humus. Diese freigesetzten Spurengase können wiederum in der bekannten Weise zur Verstärkung des Klimawandels beitragen. Bei einer Bodentiefe von 0,30 m, einem spezif. Gewicht von 1,5 und einem C/N-Verhältnis von durchschnittlich 9:1 werden auf dem V-Standort bei einer Abnahme des C_{org} -Gehaltes von 0,5 % folgende Stoffmengen zusätzlich je Hektar und Jahr entstehen:

- 450 kg C, bzw. $\times 3,66 = 1650$ kg CO_2
- 50 kg N, davon 1,5 % = 0,75 kg N_2O-N .

Diese Mengen sind weder für Kohlenstoff, noch für Stickstoff in Hinsicht auf die Klimawirksamkeit, die N-Düngungsbemessung und den Wasserschutz für den Vorgebirgsstandort zu unterschätzen. Dagegen betragen die freiwerdenden Emissionen auf den D- und Lö-Standorten nur ungefähr 1/5 der Höhe des V-Standorts. Diese Mengen dürften im Landwirtschaftsbereich kaum eine Rolle spielen, während die Klimawirksamkeit auf Grund des rel. hohen Flächenumfangs zu bedenken ist. Allein durch den zu erwartenden Ertragsanstieg (auch auf Grund des CO_2 -Düngeeffektes) können diese Emissionen auf dem D- und Lö-Standort bereits halbiert werden, auf dem V-Standort ist dieser Effekt allerdings deut-

lich geringer zu veranschlagen. Es gilt daher zu klären, welche Konsequenzen hieraus für die Düngung und Pflanzenernährung zu ziehen und welche Einflüsse auf Umweltbedingungen (Spurengase, Wasserschutz) zu erwarten sind.

Ausgleichspotenzial durch Landbewirtschaftung

Der Ist-Zustand der Bewirtschaftung entspricht in Variante 0 (Tab. 1) den Ausgangsbedingungen auf den drei untersuchten Gebieten in Sachsen um das Jahr 2000. Es sind getreidebetonte Fruchtfolgen, in denen organische Dünger von ca. 0,6 GVE/ha*a ausgebracht werden. Die Versorgung mit organischer Substanz kann bereits der VDLUFA-Humusgruppe D zugeordnet werden. Mit mehreren Methoden der Humusbilanzierung wurde zunächst der Einfluss auf die C_{org} - und N_t -Gehalte unter Beibehaltung dieser durchschnittlichen Bewirtschaftung der drei Standorte bis zum Jahr 2050 berechnet. Von den erhaltenen Durchschnittsergebnissen wurden dann jeweils alle weiteren Bewirtschaftungsvarianten abgezogen. In Abbildung 3 stellt Var. 0 also die Vergleichsbasis dar (= 0,0 % C_{org}), während die anderen Handlungsoptionen als Differenzen ausgewiesen werden.

Zunächst sind Varianten aufgeführt worden, bei denen im Vergleich zum Ausgangsniveau eine deutlich niedrigere Versorgung mit organischer Substanz vorliegt, die zu einem über das Ausmaß des Klimawandels noch hinausgehenden Abbau an Humus führen können. Hierzu zählen bestimmte Energiefruchtfolgen mit verstärktem Maisanbau und Abfuhr aller Koppelprodukte sowie auch eine einseitige Ausdehnung von Getreide oder Hackfrüchten in den Fruchtfolgen (Var. 5, 4, 7, 12, in Abb. 3, oben). Diese Anbauvarianten können den Humusversorgungsgruppen A – C zugeordnet werden. Bei der Erzielung optimaler Energieerträge müssen daher Abfuhrgrenzen mit organischen Ernteprodukten eingehalten werden, damit keine Abnahme der Bodenfruchtbarkeit und die Nachhaltigkeit von Energiefruchtfolgen gewährleistet werden können.

Keine oder kaum Veränderungen gegenüber der augenblicklichen Situation der Bewirtschaftung wird erwartet durch Ausdehnung der Tierhaltung (Rind) auf 2 GVE/ha (Var. 11, 12) oder durch Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung (Grubber, Direktsaat). Eine starke Ausdehnung nicht nur der Rinderhaltung hat wiederum den Nachteil, dass neben einer rel. geringen Nährstoff- und Energieeffizienz, klimawirksame Spurengase ansteigen werden. Durch die ebenfalls untersuchten Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung (ohne Abbildung) erfolgt zwar eine deutliche Umschichtung der Humusgehalte im Tiefenprofil, eine Erhöhung des Erosionsschutzes, eine verbesserte Wasserperkolations und eine Reduzierung des Energieaufwandes. Die Humusmenge kann aber in den Fällen nur leicht angehoben werden, wenn es gelingt, höhere Erträge zu erzielen oder wenigstens Ertragsausfälle zu verhindern. Bei abnehmenden Erträgen mit dann geringeren Ernte- und Wurzelresten sowie ansteigender biologischer Aktivität z.B. durch höheren Regenwurmbesatz kann es durch diese Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung auch zu einer leichten Abnahme der Humusgehalte des Bodens kommen.

Ein leichter zusätzlicher Anstieg der Humusgehalte kann auf allen hier vorgestellten Varianten durch den bis zum Jahr 2050 veranschlagten Ertragsanstieg (unter Berücksichtigung des genetischen und technischen Fortschritts und der CO_2 -Düngewirkung) von 25 % (D-), 50 % (Lö-) und 75 % (V-Standort) erwartet werden (Var. 13). Hiernach wäre es allein durch den Ertragsanstieg möglich, erhebliche Anteile des klimabedingten Humusabbaus auf den D- und Lö-Standorten zu kompensieren (vgl. Abb. 2). Dies dürfte aber besonders auf den trockenheitsanfälligen Sandböden des D-Standes kaum zu realisieren sein, weil neben dem fehlenden Wasser auch eine höhere Nährstoffzufuhr (N) zur Ertragsrealisierung erforderlich wäre, die die bereits heute angespannte Situation zur Erreichung von Zielen des Wasserschutzes (Wasserrahmenrichtlinie) weiter verschärfen würde. Die durch den Klimawandel bewirkten höheren CO_2 -Gehalte erhöhen zwar die Photosynthese- und Ertragsleistung und führen zu einer verbesserten Wasserausnutzung. Durch die stärkere Schließung der für den Gasaustausch wichtigen Spaltöffnungen der Blätter kann jedoch die Temperatur in den Pflanzenbeständen zusätzlich zur allgemeinen Temperaturerhöhung ansteigen. Hierdurch erfolgt eine verstärkte Veratmung von Kohlenhydraten, wodurch die Erträge wiederum reduziert werden können. Eine abschließende Bewertung dieser gegensätzlichen Trends ist z. Zt. nicht möglich.

Eine leichte bis deutliche Anhebung der Humusgehalte, wodurch der klimabedingte Abfall teilweise bis weitgehend ausgeglichen wird, kann auch unter Beachtung des Ertragsanstiegs durch eine Umstellung auf Ökologischen Landbau (Var. 2 u. 3) erreicht werden. Mit einer Umstellung auf Ökolandbau sind noch weitere günstige Wirkungen auf Umwelt und Ressourceneffizienz zu beachten. Eine ähnliche Erhöhung der Humusgehalte kann auch durch eine Ausdehnung der Schweinehaltung auf Gülle-

basis auf 2 GVE/ha (Var. 14), eine hohe organische Düngung mit Stalldung (Var. 13), Hühnerkot (Var. 10) oder Kompost (Var. 8 u. 9) sowie durch Ausdehnung des Leguminosengrasanbaus (Futterbau) auf 20 – 50 % der Fruchtfolgen (Var. 15 – 17) veranschlagt werden. Beim Anbau von Leguminosen ist deren symbiotische N-Bindung zu bedenken, die ggf. zu einer Reduzierung der energieaufwändigen mineralischen N-Düngung beitragen kann. Bei diesen hoch bis sehr hoch mit organischer Substanz versorgten Betriebsvarianten liegen bei der Humusbilanzierung bereits die Versorgungsgruppen D – E vor. Hierdurch könnte es in bei der Umsetzung dieser Varianten besonders auf leichten Böden (D-Standort) zu Problemen mit erhöhten N-Salden und der Einhaltung der Düngeverordnung kommen.

Eine deutlich über den zu erwartenden klimabedingten Abbau an Humus hinausgehende Kompensation besteht auf den D- und LÖ-Standorten lediglich dann, wenn in großflächigem Rahmen eine Flächenumwidmung in Richtung Dauergrünland oder eine Aufforstung vorgenommen wird (Var. 18 – 22, Abb. 3). Auf den V-Standorten des Vorgebirges dürfte eine vollständige Kompensation kaum erreicht werden können. Ein weitgehend über den klimabedingten Abbau des Humusgehaltes hinausgehendes C-Sequestrierungspotential kann durch die Landwirtschaft nicht erbracht werden.

Im Prinzip erfolgt eine den C_{org} -Gehalten parallele Entwicklung der N_t -Gehalte des Bodens (s. Abb. 3, Mitte u. unten). Da aber das Niveau der relativen N-Versorgung auch das C/N-Verhältnis des Bodens beeinflussen kann, werden in Bewirtschaftungsvarianten mit im Vergleich zur organischen Substanz reichlicher N-Zufuhr (Var. 5, 4, 12, 7) die C/N-Verhältnisse etwas verengt und bei relativ geringer N-Versorgung (Var. 16 – 19, 9, 8, 2) werden die C/N-Verhältnisse etwas erweitert, d. h. im Vergleich zur Humusanreicherung erfolgt dann eine geringere Anhebung der N_t -Gehalte des Bodens.

Eine Gegenüberstellung der erlangten Humusbilanzen mit den berechneten vereinfachten Energiebilanzen der untersuchten Bewirtschaftungsvarianten ergab eine verhältnismäßig enge Beziehung (Abb. 4). Hieraus ist zu entnehmen, dass mit ansteigendem Energiegewinn, z.B. durch Anbau und Abfuhr von nachwachsenden Rohstoffen, immer eine deutliche Abnahme der Humussalden einhergeht. Es gibt nach diesen Ergebnissen also keine Anbauvarianten, wobei ein hoher Energiegewinn gleichzeitig mit einem hohen positiven Humussaldo verbunden ist. Bei Kenntnis dieser Zusammenhänge dürfte es also in Zukunft bei Zunahme des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen wichtig sein, diese Anbauverfahren dann immer gleichzeitig einer genauen Humusbilanzierung zu unterziehen, damit der Energiegewinn der Fläche nur unter Beachtung einer mindestens ausgeglichenen Humusbilanz optimiert werden kann.

Fazit

Aus den berechneten Ergebnissen einer Reihe von Bewirtschaftungs- und Flächennutzungsänderungen kann ein Handlungsrahmen abgeleitet werden, um den Auswirkungen des Klimawandels für einen Zeitrahmen von ca. 30 – 50 Jahren zu begegnen. Hierbei ist zu bedenken, dass mit der Zeit die C-sequestrierende Wirkung immer geringer wird und nach dem ausgewiesenen Zeithorizont schließlich ganz ausbleibt obwohl die spezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen weitergeführt werden müssen. Bei (vorzeitiger) Beendigung der Maßnahmen kann es zu einer Nettofreisetzung an Kohlenstoff kommen, bis sich wiederum ein neues Gleichgewicht eingestellt hat. Daher sind alle Maßnahmen nur von sehr begrenzter Auswirkung und Dauer, um in der Zeitperiode einer weltweit stark ansteigenden CO_2 -Freisetzung eine gewisse zwischenzeitliche Entspannung zu bewirken.

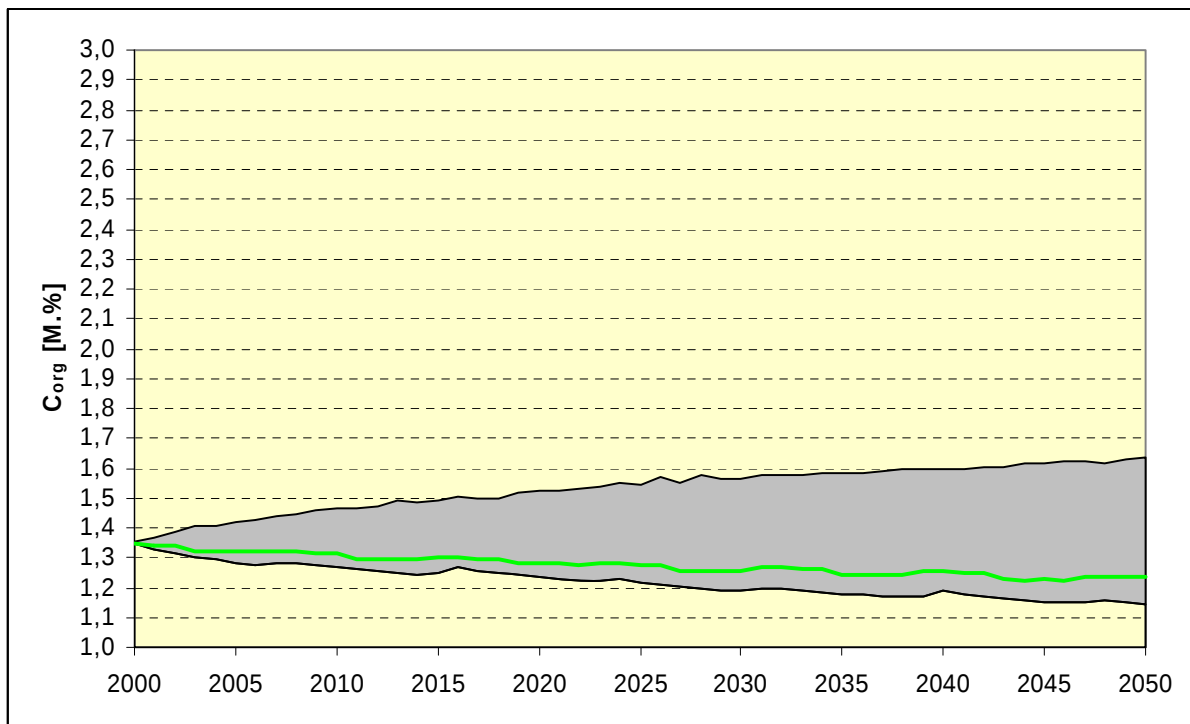


Abbildung 1: Einfluss des Klimawandels unter Beibehaltung der heutigen Bewirtschaftung (grün) sowie Spannweite der C_{org}-Entwicklung durch die berechneten Bewirtschaftungsalternativen bis zum Jahr 2050 für den D-Standort

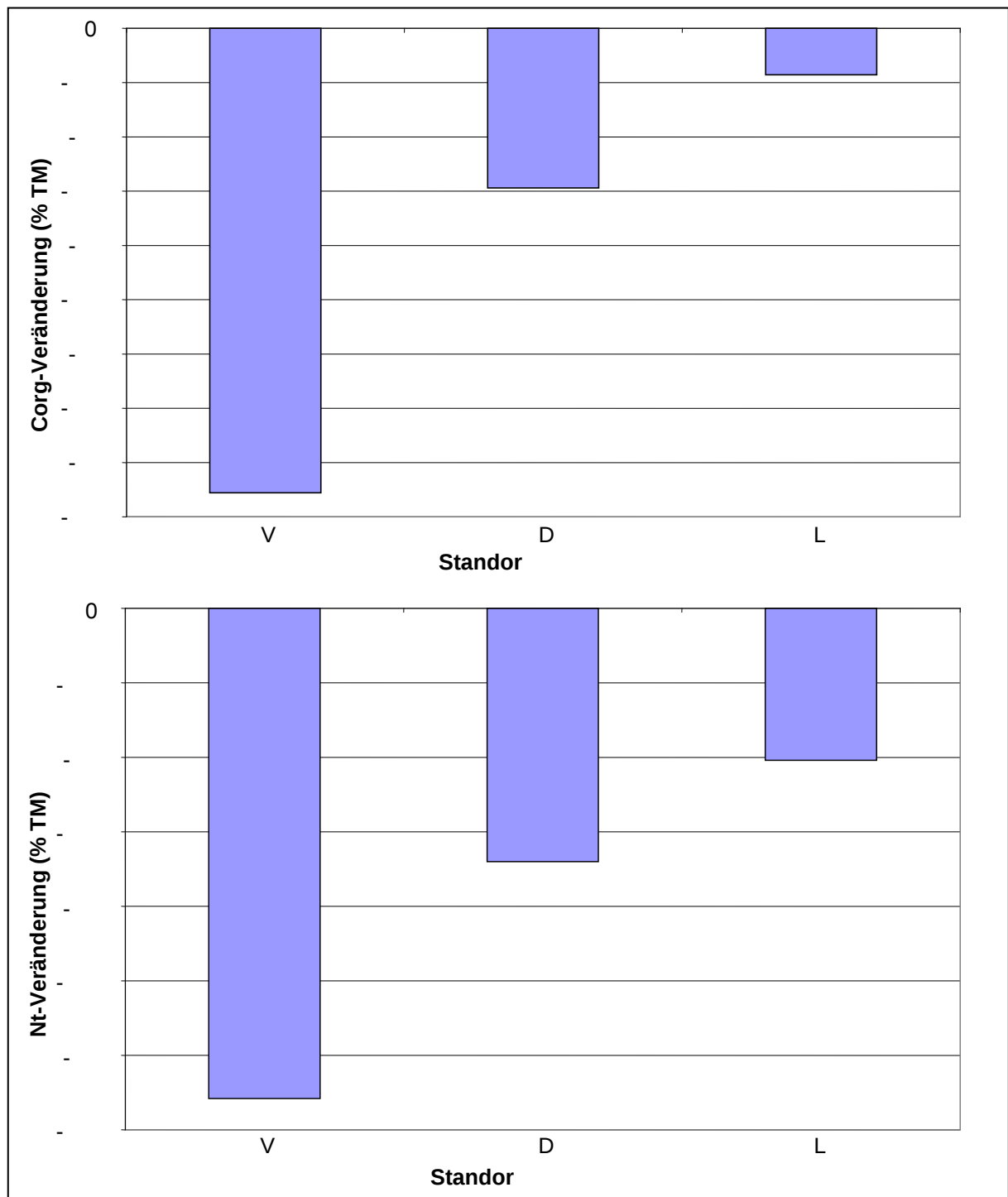


Abbildung 2: Einfluss des postulierten Klimawandels auf die C_{org} - und N_t -Gehalte des Bodens auf Verwitterungsboden der Vorgebirgslagen (V), Sand- (D) und Lössböden (Lö) in Sachsen

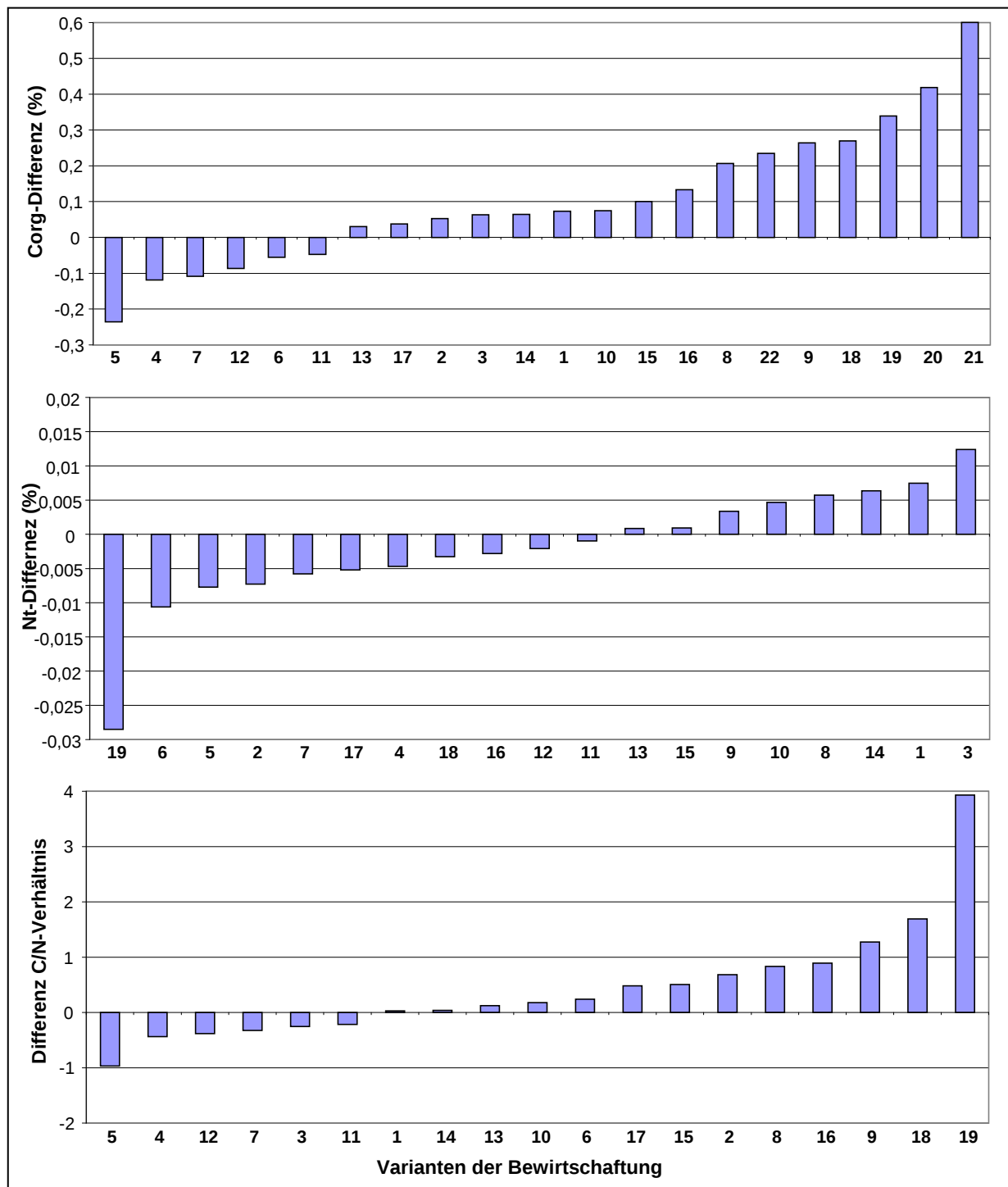


Abbildung 3: Rangfolge der C-Sequestrierung (oben), Veränderung der N_t -Gehalte (Mitte) sowie der C/N-Verhältnisse (unten) des Bodens durch spezielle Varianten der Bewirtschaftung bis zum Jahr 2050 im Vergleich zur Beibehaltung der Ausgangssituation im Jahr 2000 im Durchschnitt von Sachsen; Variantenschlüssel:

Vergleichsbasis bei Beibehaltung des Ist-Zustandes (Var. 0, Tab. 1) = 0,0 % C_{org} ;
 1 Ertragsanstieg Kon; 2 Umstellung Öko; 3 Ertragsanstieg Öko, 4 Energiemais 50 % d. Fruchtfolge; 5 Energiemais+Abfuhr; 6 Getreide 100 % d. Fruchtfolge; 7 Hackfrucht 30 % d. Fruchtfolge; 8 Hackfrucht + Kompost 100 dt/ha; 9 Getreide + Kompost; 10 Getreide + Hühnerkot 170 kg N/ha; 11 Rindergülle 2 GVE; 12 Biogasgülle 2 GVE; 13 Stalldung 2 GVE; 14 Schweinegülle 2 GVE; 15 Ackerfutter 20 % d. Fruchtfolge; 16 Legum.-Gras 50 % d. Fruchtfolge; 17 Legum.-Gras+Abfuhr; 18 Grünland+Abfuhr; 19 Grünland-Stilllegung; 20 Mähweide; 21 Weide; 22 Wiese

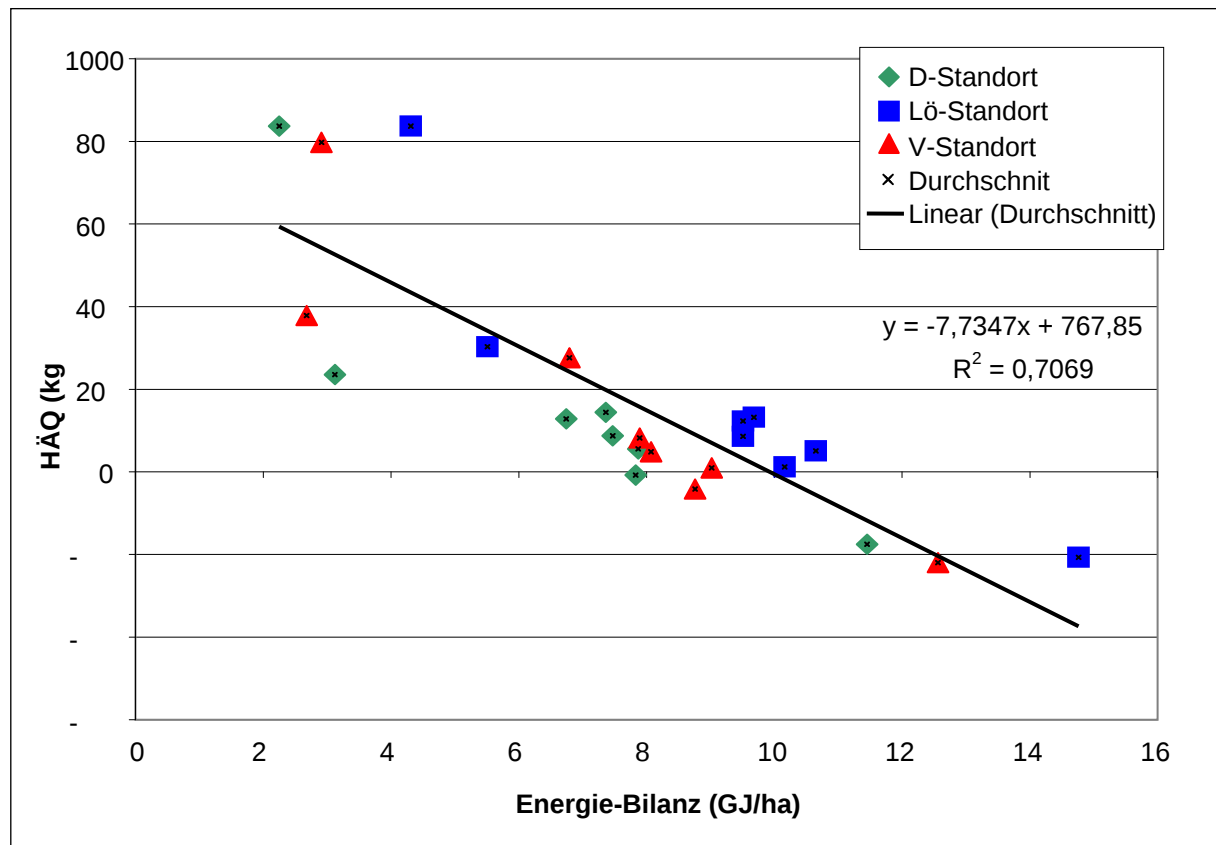


Abbildung 4: Beziehungen zwischen der berechneten Energiebilanz der Anbauverfahren und deren Humusbilanz (HÄQ) auf den drei untersuchten Standorten in Sachsen

Tabelle 1: Legende der Varianten der Bewirtschaftungsverfahren

Varian- te (neu)	Verfahren	Fruchtfolge	Getreide	Hack- früchte	Legumi- nosen	Düngung/Düngemittel (kg N/ha*a)
			(%)	(%)	(%)	
0	Grundfruchtfolge (Ist-Zustand Kon.)	D: WW-WG*-RA-WW-WR(ZF)-SM-TR-ER Lö: WW-WG-RA-WW(ZF)-ZR-WW-TR-ER V: WW-WG*-RA-WW(ZF)-SM-TR(ZF)-SG-KG	75 75 75	13 13 13	12 12 12	103 N; 38 R/ST; 12 L 122 N; 39 S/R; 17 L 106 N; 64 R/S/ST; 30 L
1	Ertragsanstieg Kon	Siehe Var. 0	75	13	12	Siehe Var. 0
2	Umstellung Öko	D: KG-KG-WW*-WR(ZF)-ER-KA-WR*(ZF)-SG Lö: KG-KG-WW*(ZF)-SM-WR(ZF)-ER-WW-WG V: KG-KG-WW*-SG(ZF)-ER-RA-WR-WG*	50 50 63	13 13 0	37 37 37	28 ST/R; 37 L 28 ST/R; 78 L 46 R/ST; 74 L
3	Ertragsanstieg Öko	Siehe Var. 2	50	13	37	Siehe Var. 2
4	Energiemais 50 %	WW-SM-TR-SM-WR/WW/SG-SM-ER(ZF)-SM	37	50	13	103 N; 75 Rückführg. Bio-G; 14 L
5	Energiemais+Abfuhr	WW*-SM-TR*-SM-WR/WW/SG*-SM-ER(ZF)*-SM	37	50	13	103 N; 75 Rückführg. Bio-G; 14 L
6	Getreide 100 %	WW(ZF)-SG-WR-WG	100	0	0	110 N;
7	Hackfrucht 30 %	WR-ER(ZF)-WK-WW-WG-ZR-SG-RA-KA	56	33	11	150 N; 13 L
8	Hackfrucht+Kompost	WR-ER(ZF)-WK-WW-WG-ZR-SG-RA-KA	56	33	11	85 N; 65 K; 13 L
9	Getreide+Kompost	WW(ZF)-SG-WR-WG	100	0	0	80 N; 65 K
10	Getreide+Hühnerkot	WW(ZF)-SG-WR-WG	100	0	0	170 H
11	Rindergülle 2 GVE	WW-SM-TR-SM-WR/WW/SG-SM-ER(ZF)-SM	38	50	12	66 N; 112 R; 14 L
12	Biogasgülle 2 GVE	WW-SM-TR-SM-WR/WW/SG-SM-ER(ZF)-SM	38	50	12	66 N; 112 Bio-G; 14 L
13	Stalldung 2 GVE	WW*-SM-TR*-SM-WR/WW/SG*-SM-ER(ZF)*-SM	38	50	12	57 N; 121 ST; 14 L
14	Schweinegülle 2 GVE	WW-ER-WG-RA-TR-WW(ZF)-KM-SG	75	13	12	20 N; 128 S; 14 L
15	Ackerfutter als Stilllegung 20 %	D: WR(ZF)-SM-WW-WG*-RA-WW-KG-KG-TR-ER Lö: WW-WG-RA-WW(ZF)-ZR-WW-KG-KG-TR-ER V: TR-WG*-RA-WW-SM-ER-WW(ZF)WG-KG-KG	60 60 60	10 10 10	30 30 30	68 N; 30 ST/R; 35 L 69 N; 31 R; 53 L 57 N; 51 ST/R; 53 L
16	Legum.-Gras 50 % (ohne N-Mineraldüngg.)	KG-KG-WW-WG-KG-KG-TR(ZF)-SG	50	0	50	46 R; 109 L
17	Legum.-Gras+Abfuhr (ohne N-Mineraldüngg.)	KG-KG-WW*-WG*-KG-KG-TR(ZF)*-SG*	50	0	50	46 R; 109 L
18	Grünland+Abfuhr	KG			100	46 R; 218 L
19	Grünland-Stilllegung	KG			100	178 L
20	Mähweide	Dauergrünland				-
21	Weide	Dauergrünland				-
22	Wiese	Dauergrünland				-

Standorte/Bodenart: D = Diluvial-Boden aus anlehmigem Sand; Lö = Löss aus sandigem Lehm; V = Verwitterungsboden aus sandigem Lehm; Zuordnung: D/Lö/V = XX/XX/XX

Fruchtfolge: WW = Winterweizen; WR = Winterroggen; TR = Triticale; WG = Wintergerste; SG = Sommergerste; SM = Silomais; KM = Körnermais; ER = Erbse; RA = Winterraps; KA = Kartoffeln; ZR = Zuckerrüben; KG = Klee gras; WK = Weißkohl; ZF = Zwischenfrucht (als Gründüngung);

Düngung: N = mineral. N; R = Rindergülle; S = Schweinegülle; ST = Stalldung; Bio-G = Biogasgülle; K = Kompost; H = Hühnerkot; L = legume N-Bindung; * = Stroh-Abfuhr