

DLG

Mitteilungen

2/1996 Februar

Klima und Landwirtschaft

Nach uns die Sintflut?

Ackerbau-Vergleich

Franzosen sind
bessere Strategen



Betriebsführung

Management-
Service von außen

Klimaänderung. Das Klima ändert sich, aber keiner weiß wie stark. Susanne Obenauf und Jutta Rogasik stellen dar, was unserer Landwirtschaft droht, und was man dagegen tun kann.

Nach uns die Sintflut?

Bringt uns die Klimaveränderung den Ananasanbau in der Lüneburger Heide, oder droht uns gar das Gegenteil, nämlich eine neue Eiszeit? Weder das eine noch das andere wird eintreffen. Die Klimaveränderung findet fast unmerklich statt, doch schon eine Verschiebung von nur ein, zwei Temperaturgraden im langjährigen Mittel kann tiefgreifende Folgen für Agrarökosysteme haben. Mit welchen Folgen muß die deutsche Landwirtschaft möglicherweise rechnen? Dieser Beitrag versucht, vorsichtige Antworten auf diese Frage zu geben.

Klimaveränderungen, die durch menschliche Einflüsse hervorgerufen werden, sind mit der Landwirtschaft in zweifacher Hinsicht untrennbar verbunden:

- Die verschiedenen landwirtschaftlichen Produktionsprozesse tragen in unterschiedlichem Maße zur Freisetzung von klimarelevanten Spurengasen und damit zur Veränderung des chemischen Klimas (siehe Kasten: Was ist Klima?) bei.

- Die durch den Menschen verursachte veränderte chemische Zusammensetzung der Atmosphäre hat bereits ein solches Ausmaß erreicht, daß mittelfristig Veränderungen des physikalischen Klimas zu erwarten sind.

Das kann für verschiedene Regionen Auswirkungen auf das Witterungsgeschehen haben, was die landwirtschaftliche Produktion dieser betroffenen Gebiete erheblich beeinflussen würde. Es ist deshalb von zentraler Bedeutung, potentielle Auswirkungen von Veränderungen des physikalischen Klimas auf Böden und Vegetation abschätzen zu können.

Derzeit werden verschiedene regionale Klimamodelle diskutiert.

Unter Berücksichtigung der verfügbaren langjährigen Meßreihen lassen sich folgende Tendenzen einer mittelfristigen Klimaentwicklung erkennen:

Temperatur

- Zunahme der Vorsommer- und Sommertrockenheit;
- wärmere Winter.

Niederschlag

- Rückläufige Niederschlagshöhe im Sommer;
- niederschlagsreichere Winter.

CO₂-Gehalt der Atmosphäre

- Ansteigen der Werte von derzeit 360 ppm auf 520 ppm.

Ozongehalt der Atmosphäre

- Verdoppelung der Konzentration in der bodennahen Luftschicht.

CO₂-Emission ist abhängig von der Intensität

Welchen Beitrag leistet die Landwirtschaft zur Klimaänderung? Zunächst wollen wir die Landwirtschaft als Quelle für klimarelevante Spurengase näher betrachten, beginnend mit den Emissionen an CO₂ (Kohlendioxid) aus dem Vorleistungsbereich der Landwirtschaft.

Die CO₂-Emissionen in der Landwirtschaft werden vorrangig durch den Verbrauch fossiler Energie im Vorleistungsbereich und durch den Faktoreinsatz bei Düngung, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz etc. verursacht. Der flächenbezogene Ausstoß von CO₂ wird bei extensiver oder ökologischer Bewirtschaftung auf Grünlandflächen stärker reduziert werden als auf Ackerflächen (Übersicht 1).

Die CO₂-Emission, die sich auf die Produktmenge bezieht, wird hingegen entscheidend vom Ertrag beeinflusst (Übersicht 2). Auf der Grundlage von Ergebnissen aus



Foto: agfor-press

In den zurückliegenden Jahren mußte im ausgehenden Winter oft »Land unter« gemeldet werden.

Dauerfeldversuchen mit differenzierter Bewirtschaftungsintensität kann folgender Schluß gezogen werden: Eine produktmengenbezogene Reduktion der CO₂-Emission ist nicht mehr zu erwarten, wenn die Erträge durch einen geringeren Faktoreinsatz um mehr als 20 % absinken.

Der Erkenntnisstand zum Anteil der Landwirtschaft an der Emission von N₂O (Lachgas) ist noch sehr lückenhaft. N₂O entsteht bei der natürlichen Stickstoffumsetzung in der belebten Natur, zu etwa 80 bis 90 % bei der Denitrifikation von Nitrat, in geringerem Maße bei der Nitrifikation aus Ammonium. Es ist naheliegend, eine Ursache-Wirkung-Beziehung zwischen dem N-Einsatz in der Landwirtschaft und der N₂O-Emission herzustellen.

Die mangelhafte Kenntnis der Vielzahl der Einflußgrößen und ihrer Steuerung führt dazu, daß man sich zur Berechnung des freigesetzten Lachgases in der Regel auf Emissionsfaktoren beschränkt, die sich auf Art und Menge des aufgewendeten N-Düngers beziehen. Die Emissionsfaktoren für N₂O-Stickstoff bei

»Klimaänderung betrifft auch uns«



Was ist Klima?

Alle reden vom Klima, doch was versteht man konkret darunter? Unter dem Begriff Klima werden die für die Atmosphäre wirksam werdenden, für eine Region oder Landschaft typischen Stoffflüsse (chemische Klimaelemente) und Energieflüsse (physikalische Klimaelemente) zusammengefaßt. Zu den physikalischen Klimaelementen zählen Sonnenstrahlung, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Luftdruck, Niederschläge sowie der Wassergehalt der Luft. Die stoffliche Zusammensetzung der Luft und der Niederschläge faßt man unter dem Begriff »chemische Klimaelemente« zusammen.

Anwendung unterschiedlicher Mineraldünger werden in einer Größenordnung von 0,1 bis 3 % angegeben, d. h. dieser Prozentsatz des zugeführten Düngerstickstoffs geht als N_2O in die Atmosphäre verloren.

Die N_2O -Emission aus Mineraldünger und organischem Dünger für die Bundesrepublik Deutschland wird pro Hektar und Jahr auf durchschnittlich 2,84 kg N_2O geschätzt. Die absoluten Beträge der Emissionen sind unsicher. Dennoch ist der Schluß erlaubt, daß eine Verminderung der N_2O -Emission am ehesten mit einem Zurückfahren der N-Düngung zu erreichen ist.

Das natürliche Gleichgewicht wird verschoben

Ein Agrarökosystem besteht aus den Bestandteilen Boden einschließlich Bodenwasser und Bodenluft, Pflanzenbestand und bodennahe Atmosphäre. Die Freisetzung gasförmiger Stoffe aus Industrie und Landwirtschaft (Kohlendioxid, Lachgas, Stickoxide, Methan etc.) führt zu Veränderungen der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre. Über die Atmosphäre werden Boden und Vegetation beeinflusst. Klimarelevante Spurengase können als Streßfaktoren direkten Einfluß auf Pflanzen und Böden haben. Sie können aber auch indirekt

über die Änderung von Strahlungsintensität, Temperatur, Niederschlag und Luftbewegung zu Verschiebungen im natürlichen Gleichgewicht dieser Agrarökosysteme führen.

Landwirtschaftlich genutzte Böden werden primär durch die Bewirtschaftungsform in ihren Eigenschaften verändert. Eine zentrale Stellung nimmt dabei der Gehalt an organischer Substanz ein. Klimatischen Einflußfaktoren wird eine zunehmende Bedeutung beizumessen sein:

- Steigende Temperaturen verkürzen die Wachstumszeit. Das hat geringere Erträge, reduzierte Bodenbedeckung und somit auch geringere Kohlenstoff-Inputs in den Boden zur Folge (Humus!). Beides verstärkt im Prinzip die Erosionsgefahr.

Wenn die Durchschnittstemperatur in der gemäßigten Klimazone um 1 °C ansteigt, ist für Winterge-

treide mit einer Verschiebung seiner Wachstumszeit zu rechnen. Sie dürfte um 7 bis 8 Tage verkürzt werden. Dies hätte Ertragsverluste von circa 5 % zur Folge, geringere Ernte- und Wurzelrückstände (circa 3 %) und somit auch einen geringeren Kohlenstoff-Input in etwa der gleichen Größenordnung.

- Steigende Temperaturen beschleunigen in Bereichen mit ausreichender Bodenfeuchte die mikrobiellen Umsetzungsprozesse und verursachen so Kohlenstoff-Verluste. Humusabbau und abnehmende Pflanzendecke führen zu geringerer Wasser-Infiltration sowie zu verstärkter Erodierbarkeit der Böden durch Wasser und Wind.

Der Bodenabtrag ist alarmierend

Der Bodenabtrag hat inzwischen ein alarmierendes Ausmaß erreicht. Die Folgen sind:

- Verlust vieler Bodenfunktionen in der Landschaft und damit Gefährdung gesamter Ökosysteme.
- Degradierete Böden verlieren ihre Eigenschaft als Senken für Kohlenstoff und damit für CO_2 .
- Die Produktion von Nahrungsmitteln und Naturrohstoffen wird gefährdet.

Die Abschätzung möglicher Förderung oder Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums kann gegenwärtig nur auf der Basis der Begrenzung durch Temperatur und/oder Niederschlag erfolgen. Auswertungen langjähriger Versuchsreihen bestätigen die große Sensibilität vor allem der Hackfrüchte auf Änderungen der Temperatur- und Feuchteverhältnisse (Grafik).

Ansteigende Temperaturen in Verbindung mit abnehmenden Niederschlägen haben deutliche Ertragsminderungen zur Folge. Damit einher gehen eine geringere Bodenbedeckung sowie ein verminderter Kohlenstoff-Input in den Boden (geringere Ernte- und Wurzelrückstände). Diese Entwicklungen wirken sich negativ auf die Gefügestabilität aus, die Bodenoberfläche neigt leichter dazu zu verschlämmen.

Folgen für extensive wie intensive Systeme

Um die Konsequenzen abschätzen zu können, die ein weiteres Ansteigen des CO_2 -Gehaltes in der bodennahen Atmosphäre für die Biomasseproduktion haben könnte, liegen bisher nur Ergebnisse aus Untersuchungen an Modellsystemen vor.

Diese sind zwar nur eingeschränkt auf Freilandbedingungen übertragbar, lassen aber folgende Schlüsse zu:

Bei extensiv bewirtschafteten Agrarökosystemen wird das Pflanzenwachstum begrenzt durch die Nährstoffverfügbarkeit bzw. das natürliche Nährstoffrecycling (Mineralisation), den zeitweisen physikalischen Streß (Temperatur, Wasser, Licht) sowie den biotischen Streß (Schaderreger). CO₂-Düngungseffekte kommen erst zum Tragen, wenn alle anderen Bedingungen optimal sind.

Bei intensiv bewirtschafteten Agrarökosystemen werden am Pflanzenbedarf ausgerichtete Düngungs- und Pflegemaßnahmen, teil-

weise kombiniert mit Bewässerung, Wachstumsbedingungen schaffen, die die Wahrscheinlichkeit für eine ertragssteigernde Wirkung durch einen CO₂-Anstieg erhöhen. Der erwartete Effekt ist aber relativ gering im Vergleich zu den Ergebnissen, die durch das Management erzielbar sind.

Aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen ertragsbestimmenden Faktoren können positive Effekte wieder aufgehoben werden oder negative Wirkungen auftreten. Dafür nachfolgend einige bezeichnende Beispiele:

- Höhere Verdunstung der Pflanzen bei höherer Temperatur und größerer Blattfläche;

- kürzere Wachstumsdauer mit geringeren Erträgen und früherem Absterben der Pflanzen;
- beschleunigter Ablauf der Entwicklungsstadien kann zu höherer Frostempfindlichkeit führen, bestäubende Insekten können zur Blütezeit ausbleiben;
- wärmeliebende Schädlinge und Pflanzenkrankheiten könnten sich ausbreiten;
- die Wirt-Parasit-Beziehung kann durch das weitere C/N-Verhältnis des Pflanzenmaterials beeinflusst werden;
- Stickstoff ist häufig der limitierende Faktor für die mikrobielle Aktivität des Bodens, ein weites C/N-Verhältnis in abgestorbenem Pflanzenmaterial hemmt die Mineralisierung.

Die Auswirkungen auf den Ackerbau sind mannigfaltig

Die möglichen Auswirkungen auf die Produktionstechniken im Pflanzenbau sind vielfältig:

Bodenbearbeitung

Die frühere Erwärmung des Bodens bewirkt ein schnelleres Abtrocknen. Dadurch verlängern sich die Zeiträume, in denen die Ackerflächen befahrbar sind. Die Verdichtungsgefahr ist auf trockeneren Böden geringer. Häufige extreme Niederschläge erhöhen den Oberflächenabfluß und führen zu Verschlammungen. Deshalb gewinnen die Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung an Bedeutung:

- Reduzierung der Bearbeitungstiefe, um ein stabiles, tragfähiges Bodengefüge zu erreichen.
- Belassen von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche, um ein intaktes Bodengefüge möglichst ganzjährig zu bedecken und zum Schutz vor Erosion und Verschlammung.
- Gewährleistung eines optimalen Humusgehaltes, um die physikalischen Bodeneigenschaften zu stabilisieren.

Fruchtfolge

Um den negativen Folgen extremer Niederschläge entgegenzuwirken, sind Brachezeiten durch vermehrten Zwischenfruchtanbau und die Eingliederung mehrjähriger Fruchtarten auf ein Mindestmaß zu verkürzen. Das Konkurrenzverhalten zwischen Pflanzen (C3/C4-Pflanzen, Nutzpflanzen/Begleitvegetation) wird bei Mischungsverhältnissen im Feldfutterbau, bei Untersaatkulturen und bei der Unkrautbekämpfung stärker berücksichtigt

Übersicht 1: Mittlere CO₂-Emissionsdichten aus Vorleistungsbereich und Management

Nutzung	CO ₂ -Emissionsdichten (kg CO ₂ /ha u. Jahr)		
	Bewirtschaftung		
	konventionell	extensiv	ökologisch
Getreide	826	665	443
Körner-, CCM-Mais	1123	884	nicht relevant
Silomais	1102	927	870
Futtererbsen	586	471	448
Ackerbohnen	636	575	568
Kartoffeln	1661	1498	1452
Zuckerrüben	1043	833	698
Ölfrüchte ¹⁾	828	466	459
Klee-Grasanbau	nicht relevant	673	573
Luzerne	453	326	281
Feld-Grasanbau	1111	nicht relevant	nicht relevant
Wiesen, Weiden	642	390	202

¹⁾ intensiv – vorrangig Raps, extensiv und ökologisch – vorrangig Öllein Dämmgen & Rogasik 1995

Bezogen auf die Fläche setzen extensive und ökologische Bewirtschaftungssysteme weniger CO₂ frei.

Übersicht 2: Produktmengenbezogene CO₂-Emission bei unterschiedlichen Wirtschaftsweisen

	Kartoffel			Zuckerrübe			Winterweizen			Sommergerste		
	k	e	ö	k	e	ö	k	e	ö	k	e	ö
mittlere Erträge in t/ha	36	32	24	52	45	36	5,0	4,3	2,5	4,3	3,5	3,1
Standardabweichung in t/ha	14	10	5	10	9	9	1,9	1,4	1,1	1,1	1,0	1,3
Emission in t CO ₂ je t Ernteprodukt	0,046	0,047	0,062	0,020	0,018	0,020	0,19	0,18	0,23	0,018	0,16	0,13

k = konventionell; e = extensiv; ö = ökologisch
die Zahlen gelten für sandige Böden Ostbrandenburgs; Dämmgen & Rogasik 1995

Bezogen auf den Ertrag schneidet die konventionelle Landwirtschaft besser ab.



Foto: hago

Hackfrüchte reagieren sensibel gegenüber Änderungen der Temperatur und Feuchtigkeit.

werden müssen. Im Rahmen einer umweltverträglichen Wirtschaftsweise können auch nachwachsende Rohstoffe einen positiven Beitrag leisten.

Düngung

Erhöhte Temperaturen beschleunigen die Mineralisierungsprozesse im Boden. Die zunehmende Instabilität des Klimas, begleitet von Witterungsextremen, erschweren die Vorabschätzung der Nährstofffreisetzung und des Nährstoffbedarfs. Gleichzeitig erhöht sich die Auswaschungsgefahr von Stickstoff. Beispiele für Handlungsstrategien, mittels derer die Stickstoffausnutzung in der Landwirtschaft optimiert und der Bedarf an Düngestickstoff minimiert werden kann, sind:

- Ausrichtung der Düngermengen am tatsächlichen Nährstoffbedarf bzw. -entzug der Pflanzen;
- Berücksichtigung der im Boden enthaltenen bzw. freigesetzten Nährstoffmengen;
- Aufstellung von betriebs- oder besser noch auf den Einzelschlag bezogenen Nährstoffbilanzen;
- weitestgehende Re-Integration von Pflanzen- und Tierproduktion in Betrieb und Region;
- Begrenzung von Düngungsmaßnahmen auf für die Nährstoffaufnahme der Pflanzen geeignete Zeiten.

Pflanzenschutz

Eine Temperaturerhöhung während der Wintermonate könnte zu einer ganzjährigen Aktivität von Schaderregern führen. Steigende Luftfeuchtigkeit innerhalb der Be-

stände durch höhere Verdunstung und eine durch Wärme verkürzte Keimungsdauer der Sporen fördern Pilzinfektionen. Durch zunehmende Klimaschwankung werden die richtige Wahl und Dosierung von Insektiziden und Fungiziden erschwert.

Eine niedrigere Intensität fahren

Als Fazit bleibt: Stoffe aus der Landwirtschaft stellen einen nicht zu vernachlässigenden Anteil der Emissionen dar, die durch den Menschen verursacht werden und die die Zusammensetzung der Atmosphäre verändern. Die Erfassung der Emissionen klimawirksamer Spurengase in den Bereichen Boden und Technik gibt Ansatzpunkte für emissionsmindernde Maßnahmen. Wesentlich erscheint vor allem eine Reduzierung der Bewirtschaftungsintensität durch:

- Reduktion des Verbrauchs an Treib- und Schmierstoffen.
- Reduktion des mineralischen N-Düngereinsatzes sowie der chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel.
- Anwendung von Ausbringverfahren, die die Nährstoffausnutzung optimieren und die Nährstoffverluste minimieren.
- Geringere Saat- und Pflanzgutmengen durch Optimierung der Anbauverfahren.
- Energiesparende Trocknungs- und Lagerungsverfahren.
- Reduktion der Teilbrache-Zeiten.
- Bindung der Tierzahlen und des

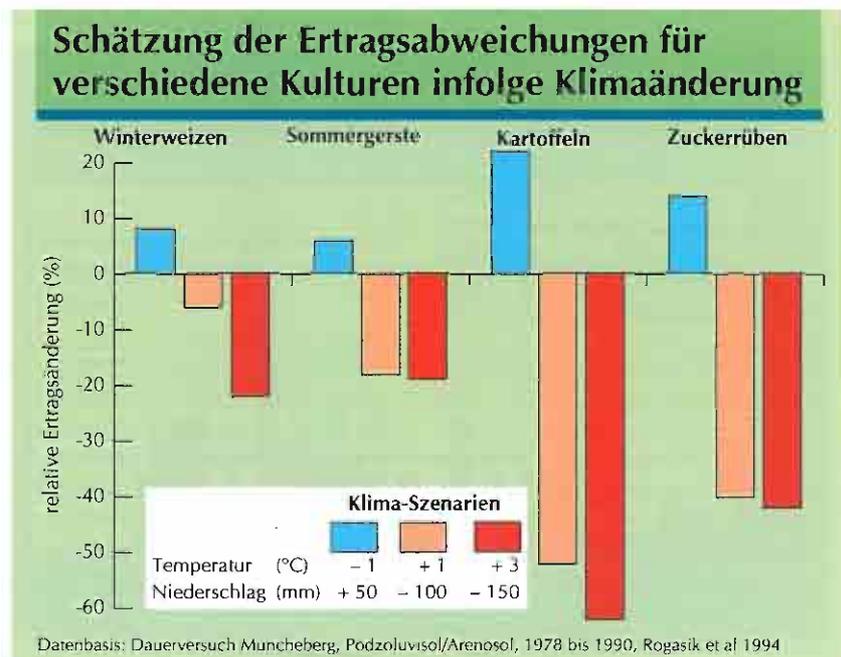
Einsatzes von Wirtschaftsdünger an die verfügbare Fläche.

Weiterhin sollte die Senkenkapazität von Böden für klimarelevante Spurengase vergrößert werden durch:

- Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit.
- Gewährleistung eines optimalen Humusgehaltes durch Zufuhr organischer Düngertrockenmasse.
- Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren und Ausweitung des Zwischenfruchtanbaus zum Schutz vor Erosion und Verschlammung.
- Erhöhung des Anteils an mehrjährigen Pflanzenarten als Beitrag gegen Erosion, Auswaschung sowie gegen Bodenabtrag und Humusabbau.

Eine Änderung des Managements hin zu einer ökologisch vertretbareren, eher als nachhaltig zu bezeichnenden Wirtschaftsweise würde den Ausstoß klimarelevanter Spurengase verringern. Die Diskussion um Minderungsmaßnahmen muß überregional erfolgen. Sie muß die gesamte Kette von Stoff- und Energieflüssen im Vorleistungsbereich der Landwirtschaft im eigentlichen Sinne mit ihren Produkten bis hin zur »Entsorgung« umfassen.

Dr. Susanne Obenauf und Dr. Jutta Rogasik, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode, Institut für agrarrelevante Klimaforschung, Münchenberg.



Vor allem Hackfrüchte reagieren sensibel auf Änderungen der Temperatur und Feuchteverhältnisse.