

Erfassung klimarelevanter Spurengase

Klimatisierte Plexiglaskammern zur Messung von Bodenatmung und Spurengasen in ungestörten Pflanzenbeständen

Ilona Motz, Inge Koch, Heinz Dieter Kutzbach und Karl Stahr
Universität Hohenheim, Stuttgart

Verschiedenste anthropogene Ursachen tragen zur Erhöhung des Treibhauseffektes bei. Kohlendioxid aus landwirtschaftlich genutzten Flächen spielt dabei eine wesentliche Rolle. Üblicherweise werden zur Quantifizierung der CO₂-Mengen aus dem System Pflanze - Boden Kammer-Verfahren angewandt. Probleme bereiten hierbei Kammereffekte, die vor allem in einer Temperaturerhöhung sowie in einer Verminderung des photosynthetisch aktiven Lichts zu sehen sind. Daher wurde in der vorliegenden Untersuchung ein Meßsystem entwickelt, bei dem diese Effekte minimiert werden können. Grundlage der Messungen bildet die in Hohenheim entwickelte geschlossene Meßkammer, wobei diese in der vorliegenden Arbeit um Hauben aus Plexiglas sowie eine Kühlung erweitert wurde.

Schlüsselwörter

Kohlendioxid, klimarelevante Spurengase, gekühlte Plexiglashauben, Bodenatmung

Einleitung und Problemstellung

Das Spurengas Kohlendioxid trägt mit etwa 50 % zum globalen Treibhauseffekt bei. Innerhalb der letzten 250 Jahre ist der CO₂-Gehalt in der Luft von 280 ppm auf derzeit 355 ppm angestiegen. Letztgenannter Wert kann sowohl räumlich als auch zeitlich schwanken [1]. Die wichtigsten anthropogenen Ursachen für die Konzentrationsänderung sind in der Waldrodung, in der Verbrennung fossiler Energieträger sowie in der Intensivierung der Landnutzung zu sehen. Vor allem in der Quantifizierung der CO₂-Emission aus landwirtschaftlich genutzten Flächen besteht noch erheblicher Forschungsbedarf [4]. Deswegen wurde in der Nähe der Universität Hohenheim im Rahmen der DFG-Forschergruppe „Messung, Minderung und Modellierung klimarelevanter Spurengase in landwirtschaftlichen Betriebssystemen“ ein Feldversuch als zweifaktorielle Spaltanlage angelegt. Dort werden unterschiedliche Landnutzungssysteme im Hinblick auf unterschiedliche CO₂-Flüsse untersucht.

Der Feldversuch wurde auf dem Versuchsgelände der Versuchsstation Heidfeldhof angelegt. Der Feldplan (Bild 1) zeigt die Anordnung der Parzellen und Infrarotgasanalysatoren.

In diesem Feldversuch werden vier Varianten geprüft: zwei Bodenbearbeitungssy-

steme (wendend - nicht wendend) und zwei Fruchtfolgen (leguminosenreich - leguminosenarm). Dabei wird bei der wendenden ein Pflug verwendet und bei der nicht-wendenden im Gegensatz dazu nur ein Grubber bzw. eine Fräse benutzt, was zu einer relativ oberflächlichen Bearbeitung führt. Die Fruchtfolge 1 (Wintertraps-Ackerbohne-Winterweizen-Klee-gras) soll einen Betrieb simulieren, der Stickstoff über leguminosenreiche Zwi-

schenfrüchte und organische Düngemittel zuführt. Bei Fruchtfolge 2 (Wintertraps-Hafer-Winterweizen-Senf-Zuckerrüben-Winterweizen) werden keine Leguminosen angebaut und es wird rein mineralisch gedüngt. Auf diesen Varianten, die jeweils viermal wiederholt werden, wird eine Langzeitmessung durchgeführt, bei der CO₂, N₂O und CH₄ gemessen wird.

Für die Messung von CO₂ werden die Kammern 6 mal täglich alle vier Stunden für zehn Minuten geschlossen und pro Minute wird ein Meßwert aufgezeichnet. Die CO₂-Konzentrationen unter den jeweiligen Hauben werden mittels Infrarotgasanalysatoren (Edinburgh sensors Co. bzw. Licor LI-6252) direkt auf der Versuchsfläche bestimmt. Die Anordnung der Infrarotgasanalysatoren zeigt, daß jeweils vier Kammern über einen Schaltschrank angesteuert werden. Dabei können alle Kammern unabhängig voneinander geschlossen bzw. geöffnet werden. Da allerdings pro Schaltschrank nur jeweils ein CO₂-Infrarotgasanalysator zur Verfügung steht, werden bei den Messungen jeweils die Hauben A1, B1, C1, und D1 bzw. A2, B2, C2 und D2 usw. gleichzeitig geschlossen. Zusätzlich zu diesem Hauptversuch werden auf der Restfläche Ne-

140 m	FF 2	2	IRGA	3	FF 1	Wendende BB
	FF 2	1	D	4	FF 1	Reduzierte BB
	FF 1	2	IRGA	3	FF 2	Reduzierte BB
	FF 2	1	C	4	FF 1	Wendende BB
	FF 1	2	IRGA	3	FF 2	Wendende BB
	FF 1	1	B	4	FF 2	Reduzierte BB
	FF 2	2	IRGA	3	FF 1	Reduzierte BB
	FF 1	1	A	4	FF 2	Wendende BB
17,5 m	20 m	8 m	48 m			

Bild 1: Feldplan der Versuchsfläche Heidfeldhof (FF 1 = Fruchtfolge ohne Leguminosen, FF 2 = Fruchtfolge mit Leguminosen, IRGA = Infrarotgasanalysator, A-D: Wiederholungen, 1-4: Haubenposition)

benversuche durchgeführt, bei denen unterschiedliche Düngemittel, Bodenbearbeitungsgeräte etc. variiert werden. Ein weiterer zusätzlicher Versuch ist die Messung mit vier der weiterentwickelten Hohenheimer Meßkammern zur Bestimmung des systematischen Fehlers der PE-Hauben.

Probleme bei der Messung mit Kammern bereiten die dabei entstehenden Kammereffekte, d.h. die Bildung eines Mikroklimas innerhalb der Kammer. Die wichtigsten Kammereffekte sind der Anstieg der Temperatur und Luftfeuchte sowie die Verminderung des photosynthetisch aktiven Lichts. Während der Messung mit der Hohenheimer Kammer aus Polyethylen wurden ein starker Anstieg der Temperatur und das Einstellen der Assimilation nach wenigen Minuten beobachtet. Die Messungen der Bodenatmung wurden dadurch verfälscht. Daher wurde die Hohenheimer Meßkammer so modifiziert, daß die erwähnten Kammereffekte stark minimiert werden.

Die bisherige Meßkammer (**Bild 2**) besteht aus einem stählernen Grundrahmen. Das Einstichblech definiert eine Versuchsfläche von einem Quadratmeter. Die Haube (**Bild 2**: Kunststoffkammer) besteht aus 2 mm starkem, milchigem PE und wird mittels eines elektrischen Hubzylinders, der den Schwenkarm bewegt, auf das Einstichblech aufgesetzt. Eine detaillierte Beschreibung der Meßkammer findet sich unter [2]. Die gesamte Anlage von 16 Meßkammern wird über einen PC gesteuert.

Diese Meßkammern wurden bisher ausschließlich mit Hauben bestehend aus Polyethylen verwendet [2, 3]. Dies führt vor allem bei der Messung von Kohlendioxid zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Meßwerte (**Bild 3**).

Zu Beginn ist eine Abnahme der CO_2 -Konzentration zu beobachten, d.h. es findet Assimilation statt: CO_2 wird von den Pflanzen aufgenommen. Direkt nach Kammerschluß wirkt sich hauptsächlich die Verminderung des photosynthetisch aktiven Lichts hemmend auf die Assimilation aus, der allmählich hinzu kommende Einfluß des Temperaturanstieges führt nach 10 Minuten zu einem Abflachen der Steigung. Die Pflanzen werden durch diese Effekte in ihrer Photosyntheseleistung stark eingeschränkt und stellen bei fortwährendem Kammerschluß die Assimilation ein, nach 15 Minuten ist die Steigung annähernd null. Da die Aufnahme von Kohlendioxid durch die Pflanzen von der Einstrahlung einerseits, als auch von der Temperatur andererseits abhängig ist, ist die Beschaffenheit des Haubenmaterials von großer Be-

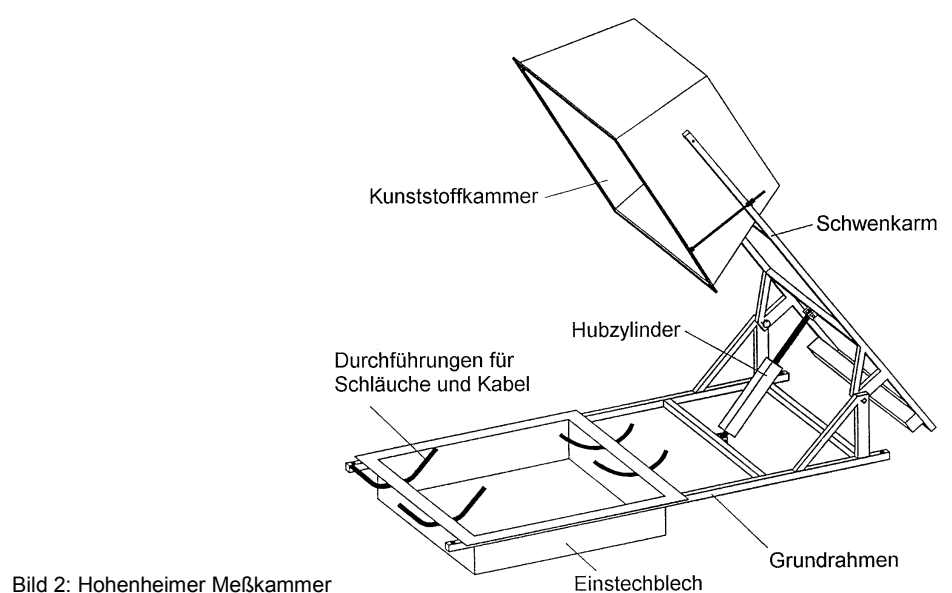


Bild 2: Hohenheimer Meßkammer

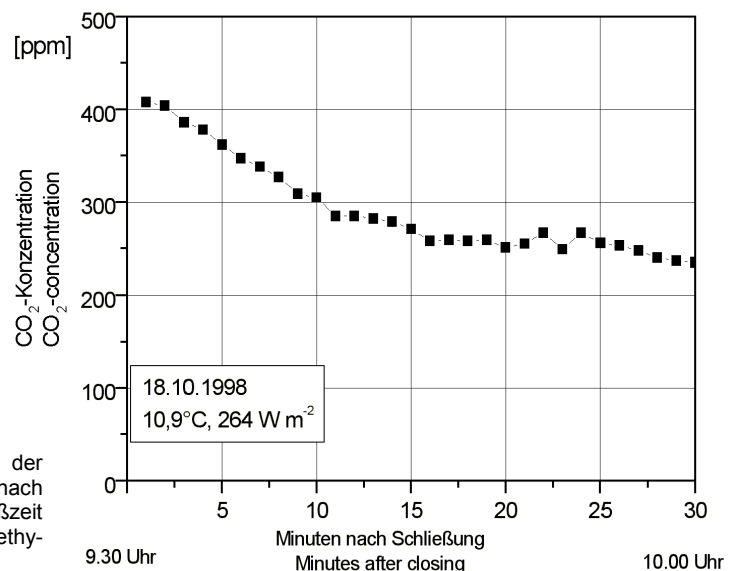


Bild 3: Veränderung der CO_2 -Konzentration nach 30 Minuten Schließzeit gemessen mit Polyethylenhauben

deutung für die Plausibilität der Meßwerte. Um eine zu starke Beeinflussung der Meßwerte durch die Kammereffekte zu vermeiden, müssen 1. für Strahlung weitestgehend transparente Hauben zum Einsatz kommen und 2. eine Temperaturerhöhung durch eine entsprechende Kühlung vermieden werden.

Modifizierung der Meßkammer

Bei der Modifizierung der Meßkammern wurde PE durch Plexiglas ersetzt, das zwischen 90 und 96 % der Strahlung durchläßt. Dadurch wurde eine Kühlung notwendig. **Bild 4a** zeigt eine Ansicht der Klimaanlage - die Verkleidung wurde entfernt und **Bild 4b** einen Detailausschnitt von oben. Zur Kühlung zirkuliert die Luft von den Hauben über einen temperatur- und UV-beständigen flexiblen PU-Schlauch zu einem handelsüblichen Raumklimagerät (Fa. Elta) und wieder zurück (2a, 2b). Der von der Kammerluft

durchströmte Raum innerhalb des Klimagerätes – im Bild der obere Teil mit 1, 2, 3 - wurde abgedichtet, so daß auch innerhalb des Klimagerätes kein Luftaustausch mit der Außenluft stattfinden kann. Das Klimagerät ist zusätzlich geschützt durch einen Frostwächter, der sich bei Temperaturen unter 5°C einschaltet. Er ist auf dem Bild nicht erkennbar, da er an der Tür befestigt ist.

Die Kühlung der Luft erfolgt mittels einer Temperaturdifferenzschaltung (TDS), die in das Klimagerät eingebaut wurde (4). Der Radiallüfter (1), der die Zirkulation zwischen Haube und Klimaanlage gewährleistet, mußte an der Welle zum unteren Teil der Klimaanlage abgedichtet werden. Dadurch wurde der Motor (5) zu heiß. Aus diesem Grund wurde noch ein zusätzlicher Lüfter (6) eingebaut.

Der Schaltplan in **Bild 5** zeigt die Verkabelung der TDS mit der Klimaanlage. Die TDS vergleicht die Umgebungstemperatur mit der Haubeninnentemperatur und schaltet im Falle einer Differenz von 2 K

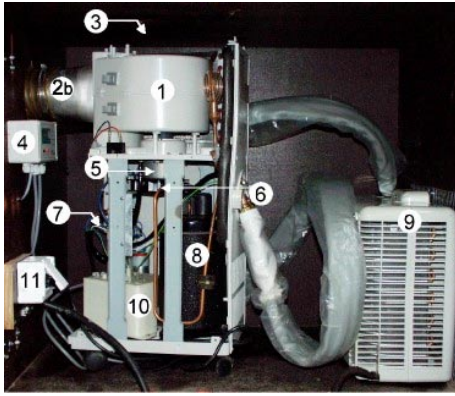


Bild 4a: Seitenansicht der Klimaanlage

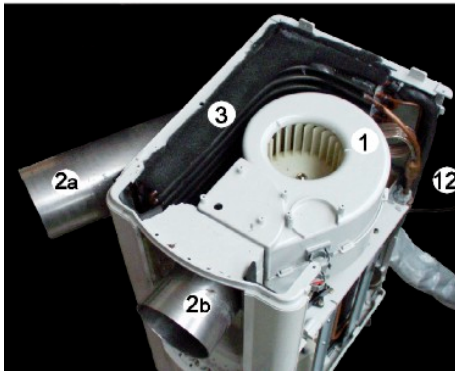


Bild 4b: Oberer Teil der Klimaanlage
(1 Radiallüfter, 2a Lufteinlaß, 2b Luftauslaß, 3 Kühlagregat, 4 Temperaturdifferenzschaltung, 5 Motor für Radiallüfter, 6 zusätzlicher Kühllüfter für Motor, 7 Lüsterklemme (verdeckt), 8 Kompressor, 9 Wärmetauscher, 10 Auffangbehälter für Kondenswasser, 11 230 V-Anschluß, 12 Expansionsventil)

das Klimagerät ein. Die TDS wird 5 Minuten vor Meßbeginn über das Steuerprogramm aktiviert. Dabei wird der Haubeninnentemperatur ein Sollwert vorgegeben, der 2 K unter dem Istwert des Außentemperaturfühlers liegt. Dies führt dazu, daß das Klimagerät vorläuft und beim tatsächlichen Haubenschluß sofort die volle Kühlleistung erbringen kann.

Die Steuerung der gesamten Anlage erfolgt über einen PC, der die Schaltschranke ansteuert, an denen jeweils vier Meßkammern angeschlossen sind. Die Komponenten des Meßsystems mit den weiterentwickelten Plexiglashauben werden in **Bild 6** dargestellt. Der elektrische Hubzylinder, der bisher verwendet wurde, wurde durch einen pneumatischen ersetzt, wobei vier Meßkammern mit einem Kompressor betrieben werden.

Ergebnisse

Bei einer Außentemperatur von etwa 30 °C (**Bild 7**) steigt die Temperatur nach zehn Minuten unter den Polyethylenhauben um 10 K auf 40 °C an, unter den Plexiglashauben um fast 20 K, während unter den gekühlten Plexiglashauben kein

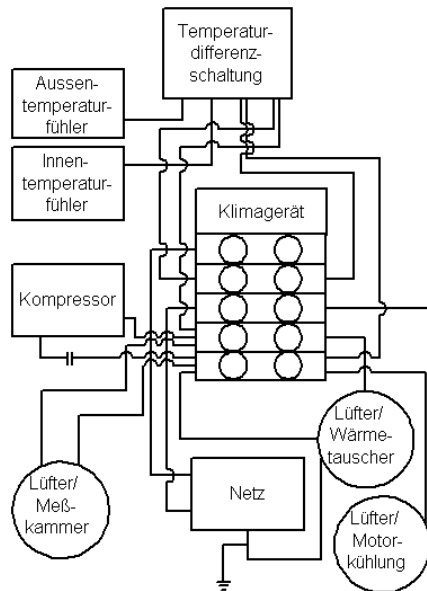


Bild 5: Schaltplan von Klimaanlage mit Temperaturdifferenzschaltung

Unterschied zur Außentemperatur meßbar ist.

Betrachtet man die Einstrahlung, so wird deutlich, daß bei einer Einstrahlung von 650 W m⁻² diese unter den PE-Hauben um fast 40 % vermindert ist, während bei den Plexiglashauben nur sehr geringe Lichtverluste auftreten. Diese Unterschiede werden auch deutlich bei der Messung der CO₂-Konzentration unter PE und Plexiglashauben (**Bild 8**).

Der Verlauf des CO₂-Flusses, gemessen mit den beiden Kammersystemen (**Bild 9**), zeigt abhängig von der Tageszeit einen deutlichen Unterschied. Bei einer hohen Einstrahlung sind die gemessenen

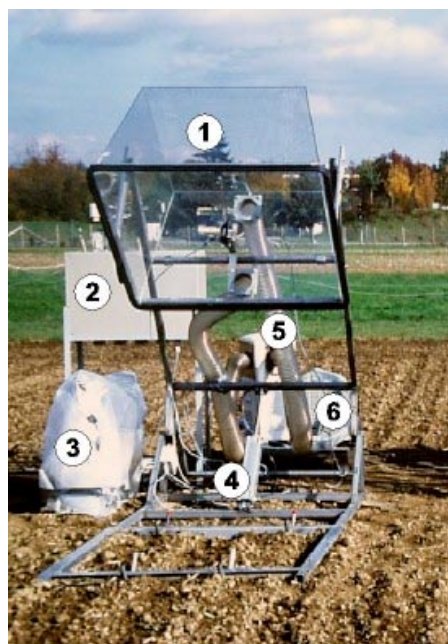


Bild 6: Komponenten des Meßsystems
(1 Plexiglashaube, 2 Schaltschrank, 3 Kompressor, 4 pneumatischer Hubzylinder, 5 PU-Schlauch, 6 Klimaanlage)

CO₂-Werte bei den Plexiglashauben niedriger, d.h. die Pflanzen können bei diesem Meßsystem mehr CO₂ aufnehmen und werden in ihrer Photosyntheseleistung weniger beeinflusst. Da die Bedingungen unter den gekühlten Plexiglashauben annähernd den Außenbedingungen entsprechen, können diese Werte als real betrachtet werden. Im Gegensatz hierzu kommt es bei der Messung mit den bisher verwendeten PE Hauben durch die Verminderung der Assimilation langfristig gesehen zu einer deutlichen Überschätzung der Bodenatmung. Erwartungsgemäß kann man nachts, bei einer Einstrahlung nahe Null keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten feststellen, da die Kammereffekte nur tagsüber in einem relevanten Umfang auftreten.

Fazit

Das Hohenheimer Meßkammersystem wurde für die Erfassung der klimarelevanten Spurengase N₂O, CH₄ und CO₂ aus Böden entwickelt. Hierbei zeigte sich, dass bei der CO₂-Messung aufgrund des unter den Hauben entstehenden Mikroklimas Fehler hinsichtlich der CO₂-Bilanzierung auftreten können. Mit den weiterentwickelten gekühlten Plexiglashauben können diese Fehler weitestgehend minimiert werden, da unter den Hauben nahezu dieselben Bedingungen wie außen vorherrschen. Somit bieten diese Meßkammern eine gute Möglichkeit in Pflanzenbeständen verlässlich die CO₂-Flüsse zu messen.

Literatur

- [1] Schönwiese, C.D.: Neue klimadiagnostische Forschungsergebnisse zum Treibhauseffekt. *Energiawirtschaftliche Tagesfragen* 42 (1992), H. 11, S.755 – 760
- [2] Schürer, E. und J. Plesser: Geschlossene Meßkammer zur Bestimmung von Spurengasemissionen. *Landtechnik* 52 (1997), H. 2, S.80 - 81
- [3] Glatzel, S.: The greenhouse gas exchange of agroecosystems. Dissertation, Universität Hohenheim, 1999, Hohenheimer bodenkundliche Hefte, Heft 52
- [4] Kleber, M.: Carbon Exchange in humid grassland soils. Dissertation, Universität Hohenheim, 1997, Hohenheimer bodenkundliche Hefte, Heft 41.

Dank

Unser Dank gilt der DFG für die Förderung des Forschungsvorhabens, sowie unserem Kollegen S. Richter für die Konstruktion und den Bau der gekühlten Plexiglashauben.

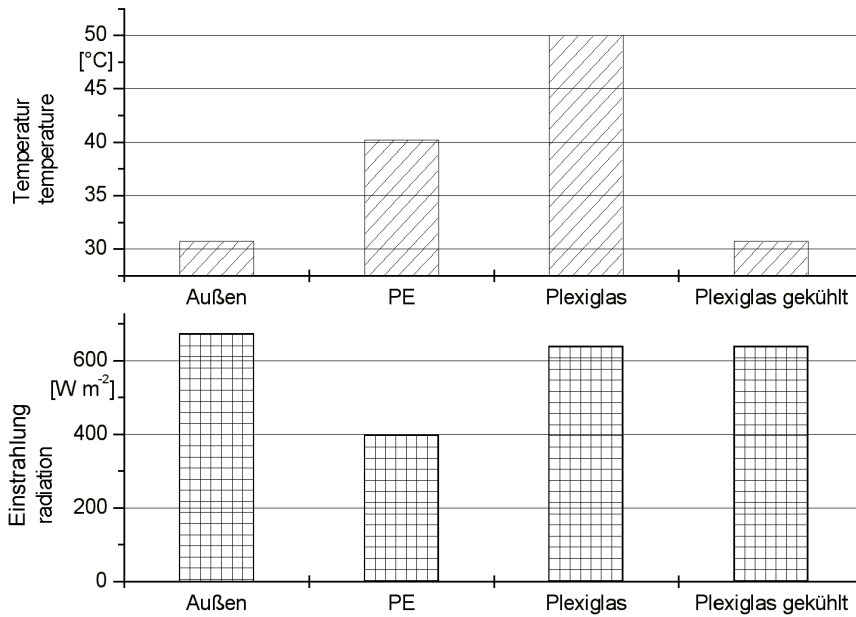


Bild 7: Veränderung der Temperatur und der Einstrahlung unter den Hauben bei einer Schließzeit von $t_s = 10$ min

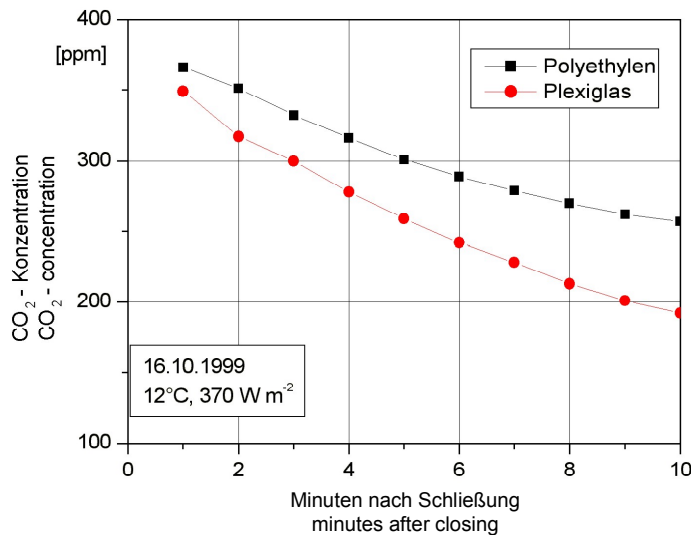


Bild 8: Verlauf der CO_2 -Konzentration unter PE und gekühlten Plexiglashauben bei einer Schließzeit von $t_s = 10$ min

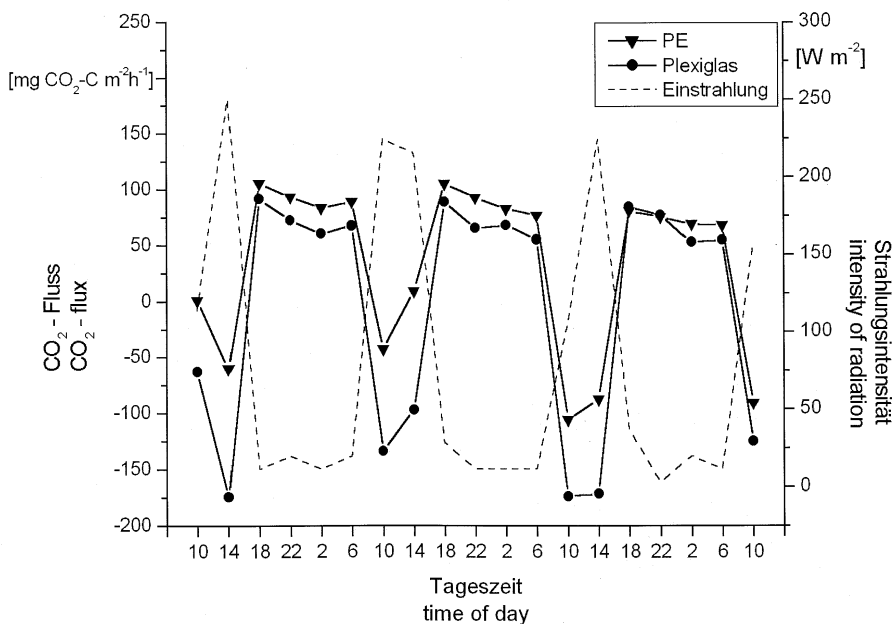


Bild 9: Verlauf des CO_2 -Flusses bei Verwendung von unterschiedlichem Haubenmaterial, in Abhängigkeit der Einstrahlung

Autoren

Dipl. Ing. sc. agr. Ilona Motz
 Universität Hohenheim
 Institut für Agrartechnik
 Fachgebiet Verfahrenstechnik in der
 Pflanzenproduktion mit Grundlagen der
 Landtechnik
 Garbenstraße 9
 70593 Stuttgart
 Tel.: +49/(0)711/459-2496
 Fax: +49/(0)711/459-2519
 e-mail: ilomotz@uni-hohenheim.de

Dipl. Ing. sc. agr. Inge Koch
 Universität Hohenheim
 Institut für Bodenkunde und Standortslehre
 Fachgebiet Allgemeine Bodenkunde mit
 Gesteinskunde
 Fruwirthstraße 12
 70593 Stuttgart
 Tel.: +49/(0)711/459-3668
 Fax: +49/(0)711/459-4071
 e-mail: kochinge@uni-hohenheim.de

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Heinz Dieter Kutzbach
 Universität Hohenheim
 Institut für Agrartechnik
 Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzen-
 produktion mit Grundlagen der Landtechnik
 Garbenstraße 9
 70593 Stuttgart
 Tel.: +49/(0)711/459-3200
 Fax: +49/(0)711/459-2519
 e-mail: kutzbach@uni-hohenheim.de

Prof. Dr. rer. nat. Karl Stahr
 Universität Hohenheim
 Institut für Bodenkunde und Standortslehre
 Fachgebiet Allgemeine Bodenkunde mit
 Gesteinskunde
 Emil-Wolff-Strasse 27
 70593 Stuttgart
 Tel.: +49/(0)711/459-3980 oder 3981
 Fax: +49/(0)711/459-3117
 e-mail: kstahr@uni-hohenheim.de