

Aus dem Institut für Agrarökologie

**Jürgen Bender
Hans-Joachim Weigel**

**Globale Umweltbelastung durch Ozon : ein Risikofaktor
für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion**

Manuskript, zu finden in www.fal.de

Published in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 258,
pp. 15-16

**Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2003**

Globale Umweltbelastung durch Ozon: Ein Risikofaktor für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion

J. Bender¹, H.-J. Weigel

Hintergrund und Zielsetzung

Ozon als Hauptbestandteil des photochemischen "Sommersmogs" ist gegenwärtig der wichtigste phytotoxische Luftschadstoff. Es wird über chemische Reaktionen aus Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) unter dem Einfluss kurzwelliger Strahlung (Sonnenlicht) gebildet. Im Jahresmittel sind die Ozonkonzentrationen heute zwei- bis dreimal höher als vor hundert Jahren. Neuere Modellberechnungen auf der Grundlage von IPCC-Emissionszenarien deuten darauf hin, dass es in den nächsten Jahrzehnten weltweit zu einer weiteren erheblichen Ausdehnung der Flächen bzw. Gebiete kommt, die im Sommer höhere mittlere Ozonkonzentrationen aufweisen als heute, mit "Hot-Spots" in Nord- und Südamerika, Asien, Zentralafrika und Europa. Dies bedeutet, dass v.a. in Regionen, in denen man zukünftig mit steigender Industrialisierung und zunehmendem Nahrungsbedarf rechnen muss, auch gleichzeitig das Risiko pflanzenschädigender Ozonkonzentrationen ansteigt. Erste Hinweise auf Ertragsverluste bei bestimmten Kulturen durch Ozon lieferten Ergebnisse aus dem National Crop Loss Assessment Network (NCLAN) der USA Mitte der 80er Jahre. Daraufhin wurden auch in Europa die Untersuchungen auf landwirtschaftliche Kulturen intensiviert. Ein internationales Forschungsprogramm der EU (European Open-Top Chamber Programme) führte zur Erkenntnis, dass auch in Europa mit Schäden an einzelnen Kulturen zu rechnen ist. Das Institut für Agrarökologie beteiligte sich an diesem Programm und beschäftigt sich seitdem in Form von Expositionsversuchen in Freilandkammern mit den Auswirkungen umweltrelevanter Ozonkonzentrationen auf Kulturpflanzen, Pflanzen des Dauergrünlandes und Wildpflanzen. Die Ergebnisse liefern die Grundlagen für eine nationale Risikoabschätzung sowie für die Festlegung der kritischen Belastungswerte (Critical levels).

Ergebnisse

Kurzfristig auftretende, hohe Ozonkonzentrationen führen bei empfindlichen Pflanzenarten zu sichtbaren Schädigungen der Blätter. Zu den besonders empfindlichen Arten gehören unter anderem verschiedene Vertreter der Leguminosen (z.B. Buschbohnen, Weißklee). Längerfristige, chronische Expositionen mit mittleren bzw. relativ niedrigen Ozonkonzentrationen verursachen häufig Veränderungen im Stoffwechsel von Pflanzen, in deren Folge Chlorosen, vorzeitige Seneszenz, Wachstums- und Ertragsreduktionen, verminderte Bildung von Reservestoffen oder eine Abnahme der Krankheitsresistenz auftreten können.

Ableitung von Critical levels

Im Rahmen der Genfer Konvention über weitreichende, grenzüberschreitende Luftverunreinigungen (LRTAP) entwickelt die UN-ECE Strategien zur Reduzierung der Luftverunreinigungen und ihrer Auswirkungen. Zur Bekämpfung des Ozonproblems bedarf dies entsprechender Protokolle für NO_x und VOC. Das Institut für Agrarökologie ist Mitglied im "International Cooperative Programme/Vegetation" der UN-ECE und trägt mit seinen wirkungsbezogenen Arbeiten zur Festlegung von Critical levels zum Schutz der Vegetation bei. Zur Ableitung von Critical levels werden Expositions-Wirkungsbeziehungen ermittelt, d.h. quantitative Beziehungen zwischen der Ozonbelastung und einem relevanten Pflanzenparameter, wie etwa dem Kornertrag bei Getreide. Die derzeit in Europa diskutierten Luftqualitätskriterien zum Schutz landwirtschaftlicher Kulturen beruhen auf Werten aus solchen Expositions-Wirkungsbeziehungen für definierte Schädigungsgrade (z.B. 5 bzw. 10 % Ertragseinbußen). Die Ozonbelastung wird dabei nicht mehr wie früher als Mittelwert der Konzentration über die Saison ausgedrückt, sondern in Form einer Ozondosis oberhalb eines Schwellenwertes von 40 ppb, dieser so genannte AOT40 enthält also eine Wichtung der Ozonkonzentration und trägt einer kumulativen Ozonwirkung Rechnung. Neuere Erkenntnisse führten in den letzten Jahren zur Entwicklung flussbezogener Wirkungsbeziehungen. Die Wirkung (z.B. auf den Ertrag) wird hierbei nicht mehr in Beziehung gesetzt zur Ozonbelastung in der Außenluft, sondern man versucht den Ozonfluss in die Pflanze zu modellieren, um damit die biologisch relevante Größe der Ozonaufnahme zu bestimmen. Die experimentelle Datengrundlage ist jedoch noch unzureichend, um fundierte Aussagen hinsichtlich kritischer Belastungsgrenzen für Pflanzen treffen zu können.

¹ Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL); Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: juergen.bender@fal.de

Unsicherheiten bei der Ableitung von Critical levels und Forschungsbedarf

Die Übertragung der Expositions (bzw. Fluss)-Wirkungsbeziehungen auf Freilandverhältnisse ist aus verschiedenen Gründen problematisch:

- Die Wirkungsabschätzungen basieren auf Kammerversuchen (open-top Kammern), in denen meist optimale Wachstumsbedingungen (Wasser- und Nährstoffversorgung, strikte Kontrolle von Pflanzenkrankheiten) für die Versuchspflanzen geschaffen wurden. Zudem begünstigen die in den Kammern herrschenden atmosphärischen Eigenschaften die Ozonaufnahme und überschätzen damit dessen Wirkung. Notwendig sind künftig Untersuchungen in kammerlosen Expositionssystemen.
- Die erheblichen arten- und sortenspezifischen Unterschiede, Wechselwirkungen von Ozon mit biotischen und abiotischen Wachstumsfaktoren sowie ungenügende Kenntnisse über die tatsächliche Ozonaufnahme von Pflanzenbeständen erschweren allgemeine Aussagen zur Vegetationsgefährdung.
- Die Ozonempfindlichkeit vieler landwirtschaftlich bedeutender Arten (Wintergetreide, Raps, Mais, Zuckerrüben) ist nicht hinreichend bekannt. Keinerlei Informationen existieren über Ozonwirkungen bei Energiepflanzen (nachwachsende Rohstoffe) oder gentechnisch veränderten Pflanzen.
- Die Wirkungen von Ozon auf die Qualität von Nahrungs- und Futterpflanzen für die menschliche und tierische Ernährung sind zu wenig untersucht.
- Eine ökonomische Bewertung von Ertrags- oder Qualitätsverlusten ist nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand nicht möglich.

Kooperationen

National: Universitäten Gießen und Hohenheim; GSF Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt; Landesumweltamt NRW. Mitglied der AG "Wirkungen von Ozon auf Pflanzen" in der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI/DIN. International: FAL Zürich-Reckenholz/Schweiz; Wageningen/Holland; CIEMAT/Spanien; Newcastle/England; Mitglied im 'International Cooperative Programme' der UNECE (ICP Vegetation).

Literatur (Übersichten)

- Barnes J, Bender J, Lyons T, Borland A (1999) Natural and man-made selection for air pollution resistance. *Journal of Experimental Botany* 50: 1423-1435.
- Bender J (2002) Luftverunreinigungen. In: Krug H, Liebig HP, Stützel H (Hrsg), *Gemüseproduktion*. Ulmer, pp. 47-55.
- Bender J, Weigel HJ (1995) Zur Gefährdung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen durch troposphärische Ozonkonzentrationen. *Ber. Ldw.* 73: 136-156.
- Bender J, Weigel HJ (2003) Ozone stress impacts on plant life. In: Ambasht RS, Ambasht NK (eds), *Modern Trends in Applied Terrestrial Ecology*, Kluwer Academic/Plenum Publ., pp. 166-182.
- Grünhage L, Krause GHM, Köllner B, Bender J, Weigel HJ, Jäger HJ, Guderian R (2001) A new flux-orientated concept to derive critical levels for ozone to protect vegetation. *Environ Pollut* 111: 355-362.
- Weigel HJ, Bender J (2000) Wirkungen von Ozon auf landwirtschaftliche Pflanzen und Wildpflanzenarten. *SchR VDI-Komm Reinhaltung der Luft* 32:115-135.