

Sind die „nicht phytotoxischen“ Spurenstoffe in der Luft für den Wald relevanter als aggressive Luftschadstoffe?

STEFAN SMIDT

Abstract

Are "Non Phytotoxic" Trace Gases More Relevant for Forest Ecosystems Than Aggressive Air Pollutants?

Following profound air pollution control measures in Europe, the less reactive greenhouse gases (carbon dioxide, methane, fluorochlorocarbons, nitrous oxide) have gained in importance. Whereas direct negative effects on plants are – with the exception of ozone – negligible, indirect effects – increasing temperature, but also degradation of the stratospheric ozone – are of utmost interest due to the remarkable increase in concentration of these micro-pollutants.

Keywords: Greenhouse effect, pollutant input, inert gases

Kurzfassung

Nach zum Teil tief greifenden Luftreinhaltemaßnahmen in Europa rückten die meist wenig reaktionsfähigen Treibhausgase (Kohlendioxid, Methan, Fluorchlorkohlenwasserstoffe, Lachgas) mehr und mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Während mit Ausnahme von Ozon ihre direkten negativen Wirkungen auf die Vegetation unwesentlich sind, gewinnen die indirekten Wirkungen – die Temperaturerhöhung, aber auch der stratosphärische Ozonabbau – zunehmend an Bedeutung, weil die globalen Konzentrationen dieser Spurenstoffe markant zunehmen.

Schlüsselworte: Treibhauseffekt, Immissionen, Inertgase

Die Entwicklung der Waldbelastung von den Rauchschäden zur Klimaerwärmung

Bis in die 1980er Jahren haben **Rauchschäden** die Wissenschaftler in Europa beschäftigt. Dabei stand die Emission von Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxiden (NO_x), Fluorwasserstoff (HF) sowie alkalischen und schwermetallhaltigen Stäuben im Vordergrund. Die Schädigungen waren meist einem Emittenten zuordenbar. Nach dem Auftreten der „**neuartigen Waldschäden**“ rückten das komplexe Zusammenwirken von Ozon (O₃) und anderen Stressoren sowie großflächige Stickstoffeinträge zunehmend in den Vordergrund. Die Schadstoffe verteilten sich wesentlich großräumiger, konkrete Verursacher von Vegetationsschäden waren nicht mehr feststellbar.

Neben den genannten reaktionsfähigen Spurenstoffen gibt es mehr oder weniger reaktionsfähige Verbindungen, die bei realistischen Konzentrationen keine direkten Pflanzenschäden hervorrufen, wie etwa die Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). Weiters sind Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO_x) und flüchtige organische Komponenten (VOCs) als Ozonvorstufe zu berücksichtigen, CO ist zusätzlich eine Vorstufe des CO₂. Ammoniak kann Vorstufe von Aerosolen als auch von N₂O sein. Reaktionsträge Verbindungen können sich überregional ausbreiten; die Konzentrationen dieser Spurenstoffe sind vergleichsweise homogen verteilt. Ozon ist ebenfalls ein Treibhausgas, das jedoch in den vorkommenden Konzentrationen pflanzenschädigend wirken kann. Gebremst wird die Klimaerwärmung durch Aerosole, die u. a. aus NH₃, NO_x und SO₂ entstehen. Daraus wird klar, dass fast alle Spurenstoffe in das Klimageschehen eingreifen, wobei die Klima erwärmenden Effekte – vor allem die vom Menschen verursachten – gegenüber den abkühlenden Wirkungen überwiegen.

Natürliche und anthropogene Emissionen nicht direkt phytotoxischer Spurenstoffe

Beim CO₂ und N₂O dominieren die natürlichen Quellen mehr oder weniger deutlich, bei CH₄ anthropogen oder anthropogen induzierte Quellen, während FCKWs ausschließlich vom Menschen produziert werden. Ozon wird vor allem photochemisch gebildet. Global gesehen sind CO-Emissionen aus Verbrennungsvorgängen von globaler Bedeutung (www.luftschaedstoffe.at). Die Tabelle 1 gibt einige Eckdaten zu den wenig reaktionsfähigen Treibhausgasen wieder.

Veränderung des Schadstoffcocktails

In den letzten 30 Jahren gingen in Europa die Emissionen an Schwefeldioxid (SO₂) und Staub deutlich zurück, stickstoffhaltige Emissionen aber nicht in diesem Ausmaß. Demgegenüber nehmen die Konzentrationen der Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O seit dem Beginn der Industrialisierung global gesehen exponentiell zu (Abbildung 1). Global ist auch ein Zuwachs der stickstoffhaltigen Emissionen und der CO-Emissionen zu beobachten.

Tabelle 1: Relative Treibhauspotenziale und ihr Beitrag zur globalen Erwärmung. Aufgrund der Emissionen kommen sie in unterschiedlichen mittleren Konzentrationen vor.

Table 1: The relative greenhouse potentials of greenhouse gases and their contribution to global warming. Due to emission sources they occur in different mean concentrations.

Spurenstoff	Relatives Treibhauspotenzial (Lesch et al. 1990)	Beitrag zur globalen Erwärmung (100 Jahre; Möller 2003)	Bandbreite der Angaben über globale Emissionen (Tg p.a.)	Konzentrationen in der Troposphäre (ppb; Blasnig 2009)
Wasserdampf	k. A.	66 %	-	
Kohlendioxid (Emissionen als CO ₂ -C)	1	20 %	67.000 - 69.000 CO ₂ -C **)	383.900
Methan	10 - 32 (21)	2,5 %	170 - 1210 CH ₄ *)	1857 / 1735
FCKWs	1300 - 18.000	k. A.	0,001 - 0,1 N ₂ O *)	< 0,5
Lachgas	180 - 240 (310)	0,8 %	14,7 **)	321 / 320
Troposphärisches Ozon	2000	7 %	2260 - 4500 P)	
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	23.900	k. A.		0,006

Emissionen: Lesch et al. 1990; Möller 2003, Lachgas: Reineke und Schlömann 2007; Kohlenstoff: Bresinsky et al. 2008; FCKW: Field und Raupach 2004; Konzentrationen: Blasnig 2009

*) anthropogen (Industrie, Verkehr etc.) oder anthropogen induziert (Biomasseverbrennung, Tierhaltung) überwiegen

**) natürliche Quellen (Böden, Vegetation, Meere) überwiegen

P) vorwiegend photochemische Bildung

Direkte Wirkungen haben kaum Bedeutung

Die direkten Wirkungen der wenig reaktionsfähigen Treibhausgase auf den pflanzlichen Stoffwechsel sind vergleichsweise unbedeutend und deshalb kaum untersucht. Es sind daher vor allem deren indirekte Wirkung (Klimaerwärmung) von Interesse. Die Umgebungskonzentrationen erreichen nicht einmal in Ballungsräumen phytotoxische Konzentrationen.

Kohlendioxid: Durch ein erhöhtes Angebot an Kohlendioxid kann die Photosynthese-Rate zumindest temporär gesteigert werden, was aber nicht notwendigerweise mit einer verstärkten Festlegung von Kohlenstoff in der Biomasse verbunden sein muss. Die konkreten Auswirkungen eines erhöhten CO₂-Levels hängen von sehr vielen Faktoren ab.

Methan wirkt erst bei etwa 1000 ppm phytotoxisch, das ist das mehr als das 500-fache der Umgebungskonzentration.

Über direkte toxische Wirkungen der übrigen Treibhausgase unter annähernd realistischen Konzentrationen liegen keine Informationen vor.

Indirekte Wirkungen der Treibhausgase auf Pflanzen

Abbau des stratosphärischen Ozons

Die in der Troposphäre sehr stabilen (persistenten) Gase Lachgas und FCKWs können in die Stratosphäre diffundieren und dort unter der hohen kurzwelligen Sonneneinstrahlung Radikale bilden und Ozon abbauen. Eine durchlässigere Ozonschicht lässt mehr UV-Strahlung durch, diese kurzwellige Strahlung kann sich negativ auf die Vegetation auswirken, so etwa Proteine,

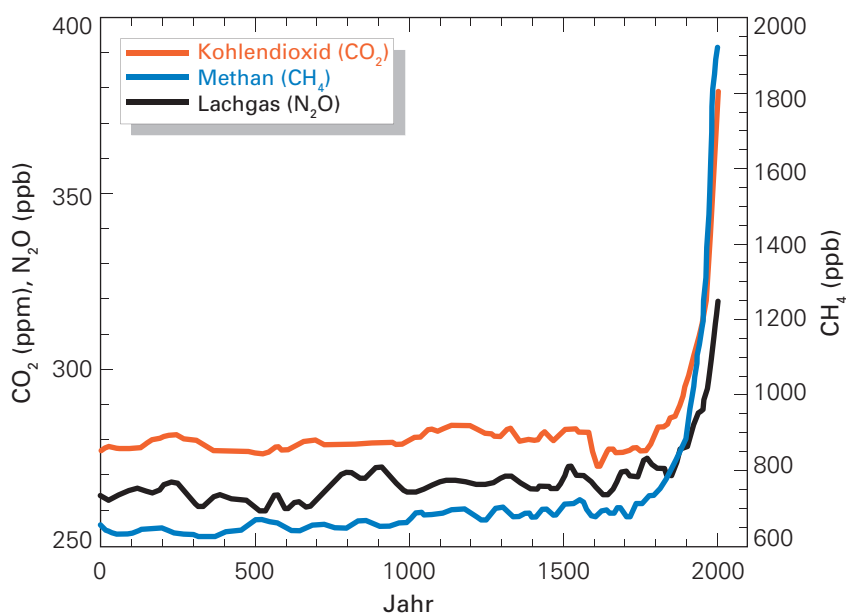


Abbildung 1: Anstieg der mittleren globalen Konzentrationen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas (IPCC 2007)

Figure 1: Increase of the mean global concentrations of carbon dioxide, methane and nitrous oxide (IPCC 2007)

Nukleinsäuren und Phytohormone zerstören sowie das Photosystem II verändern.

Wirkung der Erwärmung auf Waldökosysteme

Eine Klimaerwärmung hat auf die Vegetation eine regional stark differenzierte, komplexe Wirkung: etwa auf Niederschlagsverteilung und Wasser- und Nährstoffversorgung. Und damit auf die Biomassebildung und auf weitere Faktoren wie den Schädlingsdruck. Dabei spielen neben externen und internen Faktoren auch die Beeinflussung der Konkurrenzsituation sowie eine kaum überschaubare Fülle an positiven und negativen Rückkoppelungen eine Rolle. Die positiven Rückkoppelungen (z. B. Erhöhung der mikrobiellen CO₂-Produktion, verringerte Absorptionsfähigkeit der Ozeane) dürften gegenüber den negativen Rückkoppelungen (z. B. verstärkte Wolkenbildung) überwiegen.

Die Entwicklung der Spurengas-Emissionen und die sich daraus ergebenden, möglichen Konsequenzen zeigen, dass die nicht unmittelbar pflanzenschädigenden Spurenstoffe in der Atmosphäre globale und kontinentale Auswirkungen auf Waldökosysteme haben und in zunehmendem Maße haben werden. Demgegenüber nimmt in vielen Gebieten der Erde - abgesehen von Indien und China - die relative Bedeutung der „klassischen Luftschadstoffe“ ab.

Literatur

- Blasnik T. J. 2009: Recent greenhouse gas concentrations. http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html. September 2010.
- Bresinsky A., Körner C., Kadereit J.W., Neuhaus G., Sonnwald U. 2008: Strasburger - Lehrbuch der Botanik. 36. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 1176 S.
- Field C. B., Raupach M. R. (eds.) 2004: The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World. Island Press, SCOPE 62: 568 S.
- IPCC 2007: Fourth Assessment Report. <http://www.forestry.gov.uk/climatechange>
- Lesch K. H., Cerveny M., Leitner A., Berger B. 1990: Treibhauseffekt - Ursachen, Konsequenzen, Strategien. Umweltbundesamt, Wien, Monographien Bd. 23.
- Möller D. 2003: Luft. De Gruyter, Berlin, New York: 750 S.
- Reineke W., Schlömann M. 2007: Umweltmikrobiologie. 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, München: 407 S.

Stefan Smidt, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Waldschutz, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien, Tel.: +43-1-87838 1124, E-Mail: stefan.smidt@bfw.gv.at

Lexikon waldschädigende Luftverunreinigungen und Klimawandel

www.luftschadstoffe.at



Im Rahmen der BFW-Dokumentationen wurde der Band „Wirkungen von Luftschadstoffen auf Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung von Waldbäumen“ von Stefan Smidt 2010 in einer Neuauflage verbessert, aktualisiert und erweitert.

In den ersten Kapiteln werden die allgemeinen Wirkungen, Messmethoden und einschlägigen gesetzliche Grundlagen angeführt.

In den weiteren Kapiteln werden die einzelnen Luftschadstoffe und ihre Wirkungen auf die Vegetation abgehandelt. Ein besonderes Kapitel behandelt die Auswirkungen des Klimawandels auf Waldökosysteme.

Der umfangreiche Anhang enthält unter anderem globale Spurenstoffbudgets, Emissionen in Österreich, Grenzwerte sowie eine ausführliche Literatur- und Linkliste.



Download
www.luftschadstoffe.at
Link „Lexikon-Kurzversion“