

Weiträumige Luftverschmutzung: Internationale Lösungsansätze

Beat ACHERMANN, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), CH-3003 Bern

Luftschadstoffe kennen keine Landesgrenzen und wirken oft weit entfernt vom Ort ihrer Emissionen. Als internationales Instrument zur Lösung dieser Problematik wurde 1979 die Konvention von Genf über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung unterzeichnet. Kritische Belastungsgrenzen (Critical Levels und Critical Loads) für empfindliche Ökosysteme sind heute die wirkungsorientierte Zielsetzung innerhalb der Konvention. Auf diese Zielsetzung hin sind kostenoptimierte Massnahmen auszurichten, um die Emissionen bei den Quellengruppen Industrie/Gewerbe, Verkehr, Haushalte und Landwirtschaft zu reduzieren.

Wissenschaftliche Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Schwefelemissionen in Europa und der Versauerung skandinavischer Seen haben 1979 im Rahmen der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) zur Unterzeichnung der Genfer Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung geführt (UN/ECE 1979). Die Genfer Konvention umfasst die Länder West- und Osteuropas sowie die Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada. Heute gehören der Konvention 41 Staaten und die Europäische Gemeinschaft an. Die Konvention selbst ist ein Rahmenübereinkommen. Damit ihre Zielsetzung erfüllt werden kann, bedarf es der Konkretisierung durch Protokolle, die verbindliche Verpflichtungen zur Emissionsreduktion bestimmter Luftschadstoffe enthalten.

Die Genfer Konvention

Die höchste Entscheidungsebene ist das Exekutivorgan (Executive Body). Auf dieser Ebene werden die Mandate für die Aktivitäten in den vier untergeordneten Hauptarbeitsgruppen festgelegt und fertig verhandelte Protokolle unterzeichnet.

Die Strategieguppe (Working Group on Strategies) hat die zentrale Aufgabe, unterzeichnungsreife Protokolle zur Kontrolle der Luftschadstoffemissionen auszuhandeln. Sie wird dabei aktiv unterstützt von drei weiteren Hauptarbeitsgruppen, der Arbeitsgruppe Auswirkungen (Working Group on Effects), der Arbeitsgruppe Emissionskontrollverfahren (Working Group on Abatement Techniques) und dem Überwachungs- und Evaluationsorgan EMEP (Cooperative Programme for Moni-

toring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe). Jeder der vier Hauptarbeitsgruppen stehen zur Bearbeitung konventionsrelevanter und oft wissenschaftlicher Fragestellungen spezifische Task Forces zur Verfügung. So werden die Auswirkungen der weiträumigen Luftverschmutzung auf Gewässer, Wälder, landwirtschaftliche Kulturpflanzen und Materialien untersucht und bewertet. Wirkungsorientierte und kostenoptimierte Szenarien zur Emissionsreduktion werden von der sogenannten Task Force on Integrated Assessment Modelling erarbeitet. Solche Szenarien sind wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Strategieguppe bei der Verhandlung von verbindlichen Protokollen zur Emissionsreduktion.

Import und Export von Luftschadstoffen

Das EMEP erstellt Emissionsübersichten und überwacht die grösserräumige Luft- und Niederschlagsqualität. Es modelliert auch die Ausbreitung, Umwandlung und Deposition der Luftschadstoffe und berechnet länderspezifische Import- und Exportbilanzen für Luftschadstoffe (EMEP 1996).

1994 wurden in der EMEP-Modellregion (ECE-Raum ohne USA und Kanada) immer noch rund 30 Mio. t Schwefeldioxid, 20 Mio. t Stickoxide (angegeben als Stickstoffdioxid), 7,7 Mio. t Ammoniak und 21 Mio. t flüchtige organische Verbindungen (VOC) emittiert (EMEP 1996).

Die Schweiz exportiert einen grossen Teil ihrer jährlichen Schwefel-, Stickoxid- und Ammoniakemissionen. Sie importiert aber

auch erhebliche Mengen dieser Schadstoffe (Tab. 1, EMEP 1996). Importanteile sind auch beim troposphärischen Ozon von Bedeutung, das vor allem im Sommerhalbjahr in bodennahen Luftschichten hohe Werte erreicht (BUWAL 1996).

Die EMEP-Bilanzen zeigen deutlich, dass es zur Lösung der grösserräumigen Depositions- und Ozonproblematik eines abgestimmten internationalen Vorgehens bedarf.

Protokolle der ersten Generation

Die ersten Protokolle im Rahmen der Genfer Konvention verfolgten den pragmatischen Ansatz einheitlicher prozentualer Emissionsreduktionen für jede Vertragspartei. Bis zu Beginn der 90er Jahre wurden drei Protokolle dieser Art unterzeichnet: Reduktion der nationalen jährlichen Schwefelemissionen um 30 % (UN/ECE 1985), Einfrieren der Stickoxid-Emissionen (UN/ECE 1988) sowie Verminderung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen um 30 % (UN/ECE 1991). Einheitliche prozentuale Emissionsreduktionen wurden zunehmend dahingehend kritisiert, dass damit sowohl hinsichtlich einer Verminderung des Risikos für empfindliche Rezeptoren in der Umwelt als auch bezüglich Optimierung der Kosten bei der Emissionsreduktion kein bestmögliches Ergebnis erzielt werden könne. Differenziertere Strategien wur-

Tab. 1. Jährliche Deposition und Emission sowie Import- und Exportanteile von Schwefel (S), oxidierten N-Verbindungen (N_{ox}) und reduzierten N-Verbindungen (N_{red}) in der Schweiz (im Durchschnitt der Jahre 1985-1994 (EMEP 1996))

Prozess	Schadstoff		
	S	N _{ox}	N _{red}
Deposition (kt S, N)	51	30	45
Importanteil (%)	92	89	45
Emission (kt S, N)	24	49	51
Exportanteil (%)	82	93	52

den gefordert. Ende der 80er Jahre hat deshalb das Exekutivorgan beschlossen, dass künftige Protokolle unter anderem auf die Empfindlichkeit von Rezeptoren gegenüber Schadstoffbelastungen abgestimmt werden sollen. Die Empfindlichkeit wird bei diesem wirkungsorientierten Ansatz meist als kritische Belastungsgrenze gegenüber Schadstoffkonzentrationen (Critical Levels) oder Schadstoffdepositionen (Critical Loads) ausgedrückt (Definition siehe Kasten).

Critical Levels und Critical Loads

Seit 1988 haben sich Wissenschaftler in bisher neun internationalen Workshops mit der Festlegung von Critical Levels und Critical Loads auseinandergesetzt. Die Ergebnisse der Expertentreffen sind im UN/ECE-«Handbuch zur Kartierung von Critical Levels und Critical Loads sowie deren Überschreitungen» zusammengefasst (UN/ECE 1996).

Danach sind Critical Levels für Schwefeldioxid, Stickoxide, Ammoniak und Ozon für die Vegetation auf der einfachen sogenannten «Stufe I» anwendbar. Der Schutz der empfindlicheren Pflanzen hat dabei Vorrang. Kaum unterschieden wird zwischen einzelnen Pflanzenarten, Entwicklungsstadien der Pflanzen, unterschiedlichen klimatischen Bedingungen und Bodeneigenschaften. Bekannte Wirkungen von Schadstoffkombinationen werden so weit als möglich berücksichtigt. Das Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL) in Liebefeld-Bern hat aktiv mit For-

schungsarbeiten dazu beigetragen, Critical Levels für Ozon für landwirtschaftliche Kulturpflanzen festzulegen (Fuhrer und Achermann 1994; Kärenlampi und Skärby 1996). Zurzeit wird besonders beim Ozon an der Entwicklung eines differenzierteren Ansatzes auf der sogenannten «Stufe II» gearbeitet. Hier werden modifizierende Faktoren wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Bodenwasser berücksichtigt (Fuhrer 1995; Fuhrer 1996; Künzle und Rihm 1996).

Bei den Critical Loads werden Methoden für die Berechnung der Belastungsgrenzen bei Säure- und Stickstoffeinträgen vorgeschlagen. Es wird zwischen einem «steady state» und einem dynamischen Ansatz unterschieden. Die «steady state»-Methode wird zur Berechnung der längerfristig tolerierbaren Schadstoffeinträge verwendet, während der dynamische Ansatz geeignet ist, um die zeitliche Entwicklung von Auswirkungen der Schadstoffeinträge zu beschreiben. Dynamische Ansätze sind in der Regel komplexer und brauchen wesentlich mehr Eingabedaten.

Das zweite Schwefelprotokoll

Erstmals konkret angewendet wurde das Critical Load-Konzept bei der Ausarbeitung des zweiten Schwefelprotokolls, das 1994 unterzeichnet wurde (UN/ECE 1994). Verwendet wurde dabei eine vorwiegend auf nationalen Berechnungen beruhende europäische Karte zu den Critical Loads für Säureeinträge. Sie zeigt die unterschiedliche, mit einem «steady

state»-Ansatz ermittelte Empfindlichkeit terrestrischer und aquatischer Ökosysteme gegenüber Säuredepositionen in Europa (Downing *et al.* 1993; FOEFL 1994). Als Basis für die Protokollverhandlung wurde ein wirkungs- und kostenoptimiertes Szenarium gewählt. Über räumlich differenzierte Emissionsreduktionen beim Schwefel sollte damit überall in der EMEP-Modellregion eine mindestens 60%ige Verminderung der Überschreitungen der Critical Loads für Schwefeleinträge erreicht werden (Amann *et al.* 1993). Als Folge davon enthält das zweite Schwefelprotokoll zum ersten Mal in der Geschichte der Konvention Verpflichtungen zur Emissionsreduktion, die sich von Land zu Land unterscheiden.

«Multi-pollutant/multi-effect»-Protokolle

Zurzeit wird das erste Stickoxidprotokoll revidiert. Stickoxide spielen eine zentrale Rolle. Mit anderen Schadstoffen sind sie nicht nur an der Versauerung beteiligt, sondern bilden auch photochemische Oxidantien und tragen zur Überdüngung (Eutrophierung) bei. Man spricht von einem «multi-pollutant/multi-effect»-Ansatz (Abb. 1, Grennfelt *et al.* 1994), der im Rahmen der Genfer Konvention verwirklicht werden soll.

In der Schweiz sind die Arbeiten so weit fortgeschritten, dass Karten zu den Critical Loads für Stickstoff für naturnahe Ökosysteme (z.B. Hochmoore, artenreiche Wiesen) und für den Wald vorliegen (FOEFL 1996). In Abbildung 2 ist das für

Definition Critical Level und Critical Load (UN/ECE 1990)

Critical Level: Luftschadstoff-Konzentration in der Atmosphäre, oberhalb derer nach dem heutigen Stand des Wissens mit schädlichen Auswirkungen auf Rezeptoren wie Menschen, Pflanzen, Ökosysteme und Materialien gerechnet werden muss.

Critical Load: Quantitative Schätzung der Exposition gegenüber einem oder mehreren Schadstoffen, ausgedrückt als Deposition pro Flächeneinheit, unterhalb derer nach dem heutigen Stand des Wissens keine signifikanten schädlichen Auswirkungen auf empfindliche Rezeptoren der Umwelt auftreten.

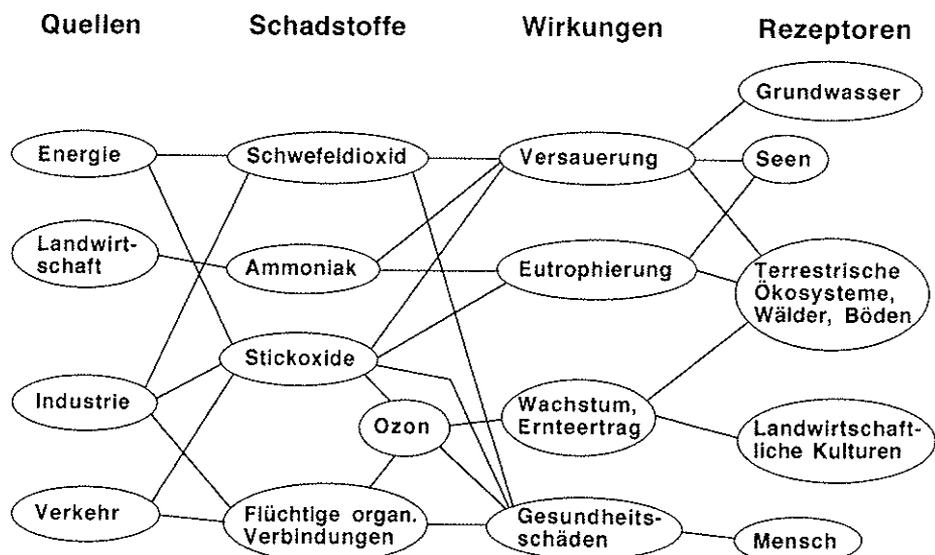


Abb. 1. Luftschadstoffe aus verschiedenen Quellen und ihre vielfältige Rolle bei den Auswirkungen auf empfindliche Rezeptoren. Ein wirkungsorientierter «multi-pollutant/multi-effect»-Ansatz, um die Emissionen von Luftschadstoffen zu reduzieren, muss dieser Komplexität so weit als möglich Rechnung tragen (nach Grennfelt *et al.* 1994).

Mitte der 90er Jahre ermittelte Ausmass der Überschreitungen der Critical Loads für Stickstoff wiedergegeben. Karten zu den Überschreitungen der Critical Levels für Ozon für landwirtschaftliche Kulturpflanzen und für den Wald auf der bereits erwähnten einfachen «Stufe I» sind ebenfalls vorhanden, in Ansätzen für landwirtschaftliche Kulturpflanzen auch schon auf der differenzierteren «Stufe II» (Fuhrer 1996; Künzle und Rihm 1996). Abbildung 3 zeigt die für landwirtschaftliche Kulturen relevante Ozonbelastung in der Schweiz für das Jahr 1994. Der Critical Level von 3 ppm*h wurde praktisch in der ganzen Schweiz überschritten.

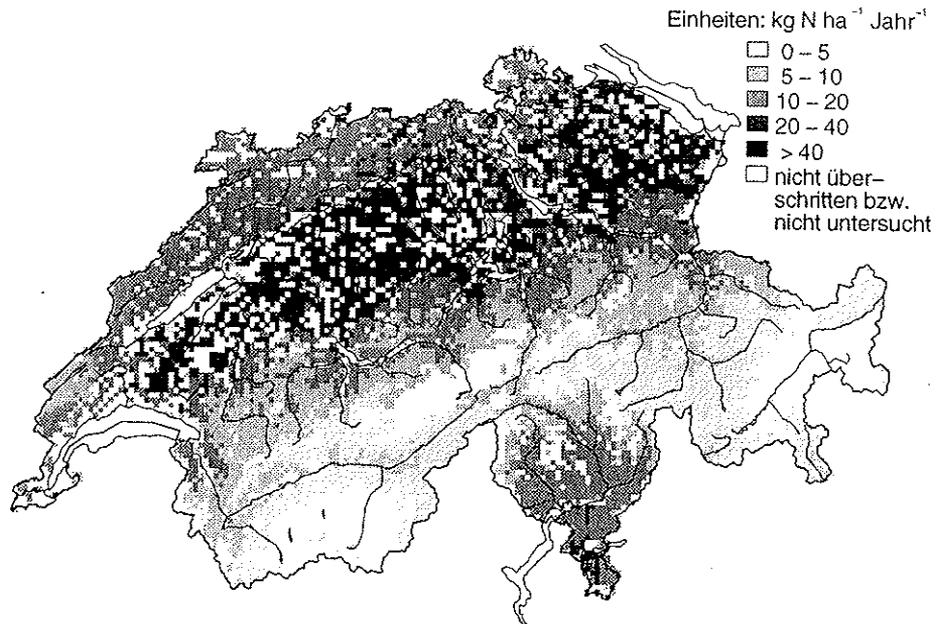


Abb. 2. Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff für naturnahe Ökosysteme (z.B. Hochmoore, artenreiche Wiesen) und Waldökosysteme in der Schweiz, berechnet für Mitte der 90er Jahre (Karte: METEOTEST Bern).

Erste gesamteuropäische Karten zu den Critical Loads für Stickstoff liegen vor (Posch *et al.* 1995; CCE 1997), ebenso Karten zur Überschreitung der Critical Levels für Ozon für landwirtschaftliche Kulturen und für den Wald (EMEP 1996). Weiter wird versucht, die Auswirkungen besonders von Ozon und Stickstoffdioxid auf die menschliche Gesundheit in den «multi-pollutant/multi-effect»-Ansatz zu integrieren (UN/ECE-WHO 1997).

Noch fehlen die Szenarien zur räumlich differenzierten und kostenoptimierten Emissionsreduktion, mit denen die Überschreitungen der Critical Loads beziehungsweise Levels für Säure, eutrophierenden Stickstoff und Ozon überall im ECE-Raum in einem akzeptablen Ausmass vermindert und längerfristig beseitigt werden können.

Ausblick

Bei der Diskussion um Massnahmen zur Emissionsreduktion wird oft die Frage gestellt, was es bedeutet, wenn Critical Levels oder Critical Loads während längerer Zeit überschritten werden und wie sich Emissionsreduktionen auf den zeitlichen Verlauf von Risiken auswirken. Um solche Fragen zu beantworten, müssen «steady state»-Modelle zur Berechnung der Critical Loads mit dynamischen Modellen ergänzt werden. Dynamische Modelle sind für den Problembereich Versauerung bereits entwickelt. Die regionalisierte Anwendung scheitert jedoch oft daran, dass die erforderlichen aktuellen, historischen und prognostischen Eingabedaten nicht direkt verfügbar sind. Beim Stickstoff sind noch erhebliche Anstrengungen nötig, um den zeitlichen Verlauf von Risiken wie Stickstoffsättigung, Stickstoffauswaschung, Nährstoffdisharmonien und Biodiversitätsveränderungen als Folge anhaltend erhöhter

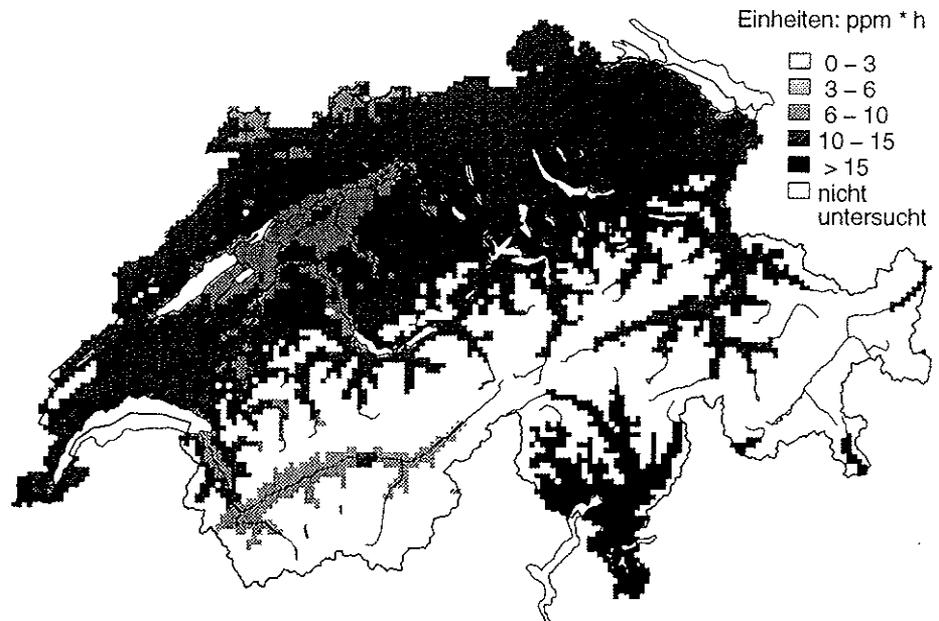


Abb. 3. Sommerliche Ozonbelastung in der Schweiz im Jahre 1994, ausgedrückt als kumulativer Expositionsindex AOT40, der mit dem Critical Level für Ozon für landwirtschaftliche Kulturen von 3 ppm*h verglichen werden kann (Karte: METEOTEST Bern).

Depositionen beschreiben zu können. Bei den Critical Levels besteht besonders im Falle des Ozons der Bedarf nach einem differenzierteren Ansatz. Dabei sollen die unterschiedliche Empfindlichkeit verschiedener Pflanzenarten und Sorten ermittelt und der Einfluss modifizierender Faktoren (z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Bodenwasser) auf die Ozonwirkung beurteilt werden. Das ist die Grundlage für eine realitätsbezogenere Risikobeurteilung, wie zum Beispiel die Quantifizierung von Ernteeinbussen als Folge der regional unterschiedlichen Ozonbelastung sowie deren ökonomische Bewertung.

Im Hinblick auf eine umfassendere Risikobeurteilung ist es zudem erforderlich, die Problembereiche Versauerung, Eutrophierung und Ozonwirkung zu verknüpfen. Dazu sind weitere Forschungsanstrengungen nötig, um ein besseres Verständnis der Auswirkungen von Belastungen mit gleichzeitig mehreren Schadstoffen zu erhalten, aber auch zur Lösung der Frage, wie die meist kleinräumig gewonnenen Erkenntnisse zur Exposition und Deposition in geeigneter Weise mit grossräumigen Modellen in Beziehung gebracht werden können, die den Schadstofftransport in der Atmosphäre beschreiben.

LITERATUR

Amann, M., Klaassen, G., Schöpp, W., 1993. Closing the gap between the 1990 deposition and the critical sulphur deposition values. Background paper prepared for the UN/ECE Task Force on Integrated Assessment Modelling. June 7-8, 1993. Laxenburg. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). 43 pp.

BUWAL. 1996. Troposphärisches Ozon, Aktuelle Forschungsergebnisse und ihre Konsequenzen für die Luftreinhaltung. *Schriftenreihe Umwelt Nr. 277*. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 38pp.

CCE, 1997. Updated Critical Load Maps submitted to the 13th Meeting of the UN/ECE Task Force on Mapping, Galway, Ireland, 25 April 1997. UN/ECE Coordination Center for Effects (CCE). Bilthoven, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM).

Downing, R.J., Hettelingh, J.-P., de Smet, P.A.M., 1993. Calculation and Mapping of Critical Loads in Europe. United Nations Economic Commission for Europe. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Coordination Center for Effects, Status Report 1993. Bilthoven. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM). 163pp.

EMEP, 1996. Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP). Status Report 96, part one and part two (EMEP MSC-W Report 1/96). Oslo, Meteorological Synthesizing Centre West (MSC-W), Norwegian Meteorological Institute. 183/252 pp.

FOEFL. 1994. Critical Loads of Acidity for Forest Soils and Alpine Lakes, Steady State Mass Balance Method. Environmental Series No. 234. Berne, Federal Office of Environment, Forests and Landscape. 68 pp.

FOEFL. 1996. Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances. Eutrophying Atmospheric Deposition. Environmental Series No. 275. Berne, Federal Office of Environment, Forests and Landscape. 82 pp.

Führer, J., Achermann, B., 1994. Critical Levels for Ozone - A UN-ECE Workshop Report (Führer, J. & Achermann, B., Eds.). Schriftenreihe der FAC 16. Liebefeld-Bern, Eidg. Forschungsanstalt für Agrilchemie und Umwelthygiene. 328pp.

Führer, J., 1995. Luftreinhaltung im Interesse des Pflanzenbaus. *Agrarforschung 2* (6). 209-212

Führer, J., 1996. The critical level for effects of ozone on crops, and the transfer to mapping. In: Critical Levels for Ozone in Europe. Testing and Finalizing the Concepts. UN-ECE Workshop Report (Kärenlampi, L. & Skärby, L., Eds.). Kuopio, University of Kuopio, Department of Ecology and Environmental Science. 27-43.

Grennfelt, P., Hov, O., Derwent, D., 1994. Second Generation Abatement Strategies for NO_x, NH₃, SO₂ and VOCs. *Ambio 23*, 7. 425-433.

Kärenlampi, L., Skärby, L., 1996. Critical Levels for Ozone in Europe. Testing and Finalizing the Concepts. UN-ECE Workshop Report (Kärenlampi, L. & Skärby, L., Eds.). Kuopio, University of Kuopio, Department of Ecology and Environmental Science. 363 pp.

Künzle, Th., Rihm, B., 1996. Ozone Mapping in Alpine Regions - Experiences and Data Analysis Regarding Ozone Modelling by EMEP. In: Proceedings of EMEP Workshop on the Control of Photoche-

mical Oxidants over Europe (Ballaman, R. & Filliger, P., Eds.). Environmental Documentation No. 47. Berne, Federal Office of Environment, Forests and Landscape, 89-96.

Posch, M., de Smet, P.A.M., Hettelingh, J.-P., Downing, R.J., 1995. Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe. United Nations Economic Commission for Europe, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Coordination Center for Effects, Status Report 1995. Bilthoven, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). 198 pp.

UN/ECE, 1979. United Nations Economic Commission for Europe. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Geneva. 13 November 1979. 10 pp.

UN/ECE, 1985. United Nations Economic Commission for Europe. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution on the Reduction of Sulphur Emissions or their Transboundary Fluxes by at least 30 percent. Helsinki, 7 July 1985. 7 pp.

UN/ECE, 1988. United Nations Economic Commission for Europe. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution concerning the Control of Emissions of Nitrogen Oxides or their Transboundary Fluxes. Sofia. 31 October 1988 (first revised edition 1995). 29 pp.

UN/ECE, 1991. United Nations Economic Commission for Europe. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution concerning the Control of Emissions of Volatile Organic Compounds or their Transboundary Fluxes. Geneva. 18 Nov. 1991. 43 pp.

UN/ECE, 1994. United Nations Economic Commission for Europe. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution on Further Reduction of Sulphur Emissions. Oslo. 14 June 1994. 32 pp.

UN/ECE, 1996. Manual on methodologies and criteria for Mapping Critical Levels/Loads and geographical areas where they are exceeded, September 1996. United Nations Economic Commission for Europe, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Berlin, Umweltbundesamt. 220 pp.

UN/ECE-WHO, 1997. Health effects of ozone and nitrogen oxides in an integrated assessment of air pollution. United Nations Economic Commission for Europe, World Health Organisation, Proceedings of an International Workshop held in Eastbourne, UK, 10-12 June 1996. Published by the Institute for Environment and Health, University of Leicester, UK.

RÉSUMÉ

Pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et écosystèmes sensibles: approches internationales

La Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance a créé le cadre international essentiel pour combattre les effets des polluants atmosphériques sur l'homme et l'environnement dans la région couverte par la CEE/ONU. La Convention a évolué substantiellement depuis sa signature en 1979. Les premiers protocoles pour le contrôle des émissions des principaux polluants de l'air ont été développés durant les années huitante. Ils visaient une réduction identique des émissions exprimée

en pour-cent pour tous les pays et une application des meilleures technologies disponibles. Par la suite, les pays ont convenu de baser l'approche future plutôt sur les effets des polluants que sur des réductions linéaires des émissions. La vulnérabilité des écosystèmes sensibles varie fortement dans les diverses régions et devrait donc former un élément décisif dans la préparation de nouveaux protocoles. On parle dans ce cas d'une approche basée sur les niveaux et charges critiques («critical levels» et «critical loads»). Le but poursuivi est de réduire à moindres coûts les émissions des polluants de sorte que, finalement, les niveaux et les charges critiques ne soient plus dépassés. Les polluants atmosphériques importants comme le soufre, les oxydes d'azote, l'ammonium et l'ozone agissent directement ou indirectement sous forme de polluants individuels ou combinés sur les récepteurs sensibles de l'environnement. C'est une tâche à la fois difficile et exigeante pour la Convention de développer une approche «multi-polluants/multi-effets» qui couvrira simultanément les problèmes acidification, eutrophication et oxydants photochimiques.

SUMMARY

Long-range transboundary air pollution and sensitive ecosystems: international approaches

The UN/ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution has created the essential international framework for controlling and reducing the damage to human health and the environment caused by transboundary air pollution. The Convention has substantially evolved since its signature in 1979. First protocols to control the emissions of major air pollutants throughout Europe have been developed during the eighties and were mainly based on the principle of flat rate emission reductions and application of best available techniques. During the negotiations of these protocols it was agreed that reductions in pollutant emissions should in future be negotiated on the basis of the effects of air pollutants and the available abatement techniques, rather than by choosing a single percentage emission reduction for all countries involved. The area-specific vulnerability of sensitive receptors in the environment should form the basis for abatement strategies. This approach is called the „critical level/load approach“. The goal is to reduce, wherever possible and in a cost-effective manner, emissions of polluting substances to levels where, ultimately, critical levels and critical loads are not exceeded. Major air pollutants, such as sulfur oxides, nitrogen oxides, ammonia and volatile organic compounds, directly or indirectly affect sensitive receptors of the environment as single pollutants and/or as mixtures. It is a big challenge to the Convention to develop a „multi-pollutant/multi-effect“ approach covering simultaneously the three major effect areas such as acidification, eutrophication and photochemical oxidants.

KEY WORDS: UN/ECE, transboundary air pollution, critical levels, critical loads, acidification, eutrophication, ozone