

BUNDESGESETZBLATT

FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH

Jahrgang 1997

Ausgegeben am 25. September 1997

Teil III

164. Protokoll zu dem Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend die Bekämpfung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder ihres grenzüberschreitenden Flusses samt Anhängen und Erklärung
(NR: GP XVIII RV 1230 AB 1794 S. 172. BR: AB 4898 S. 589.)

164.

Der Nationalrat hat beschlossen:

Der Abschluß des nachstehenden Staatsvertrages samt Anhängen und Erklärung wird genehmigt.

Dieser Staatsvertrag ist im Sinne des Art. 50 Abs. 2 B-VG durch Erlassung von Gesetzen zu erfüllen.

PROTOCOL TO THE 1979 CONVENTION ON LONG-RANGE TRANSBOUNDARY POLLUTION CONCERNING THE CONTROL OF EMISSIONS OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS OR THEIR TRANSBOUNDARY FLUXES

THE PARTIES,

DETERMINED to implement the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution,

CONCERNED that present emissions of volatile organic compounds (VOCs) and the resulting secondary photochemical oxidant products are causing damage, in exposed parts of Europe and North America, to natural resources of vital environmental and economic importance and, under certain exposure conditions, have harmful effects on human health,

NOTING that under the Protocol concerning the Control of Emissions of Nitrogen Oxides or their Transboundary Fluxes, adopted in Sofia on 31 October 1988, there is already agreement to reduce emissions of oxides of nitrogen,

RECOGNIZING the contribution of VOCs and nitrogen oxides to the formation of tropospheric ozone,

RECOGNIZING ALSO that VOCs, nitrogen oxides and resulting ozone are transported across international boundaries, affecting air quality in neighbouring States,

AWARE that the mechanism of photochemical oxidant creation is such that the reduction of emissions of VOCs is necessary in order to reduce the incidence of photochemical oxidants,

FURTHER AWARE that methane and carbon monoxide emitted by human activities are present at background levels in the air over the ECE region and contribute to the formation of episodic peak ozone levels; that, in addition, their global-scale oxidation in the presence of nitrogen oxides contributes to the formation of the background levels of tropospheric ozone upon which photochemical episodes are superimposed, and that methane is expected to become the subject of control actions in other forums,

RECALLING that the Executive Body für the Convention identified at its sixth session the need to control emissions of VOCs or their transboundary fluxes, as well as to control the incidence of photochemical oxidants, and the need for Parties that had already reduced these emissions to maintain and review their emission standards for VOCs,

ACKNOWLEDGING the measures already taken by some Parties which have had the effect of reducing their national annual emissions of nitrogen oxides and VOCs,

NOTING that some Parties have set air quality standards and/or objectives for tropospheric ozone and that standards for tropospheric ozone concentrations have been set by the World Health Organization and other competent bodies,

DETERMINED to take effective action to control and reduce national annual emissions of VOCs or the transboundary fluxes of VOCs and the resulting secondary photochemical oxidant products, in particular by applying appropriate national or international emission standards to new mobile and new stationary sources and retrofitting existing major stationary sources, and also by limiting the content of components in products for industrial and domestic use that have the potential to emit VOCs,

CONSCIOUS that volatile organic compounds differ greatly from each other in their reactivity and in their potential to create tropospheric ozone and other photochemical oxidants and that, for any individual compounds, potential may vary from time to time and from place to place depending on meteorological and other factors,

RECOGNIZING that such differences and variations should be taken into consideration if action to control and reduce emissions and transboundary fluxes of VOCs is to be as effective as possible in minimizing the formation of tropospheric ozone and other photochemical oxidants,

TAKING INTO CONSIDERATION existing scientific and technical data on emissions, atmospheric movements and effects on the environment of VOCs and photochemical oxidants, as well as on control technologies,

RECOGNIZING that scientific and technical knowledge of these matters is developing and that it will be necessary to take such developments into account when reviewing the operation of the present Protocol and deciding on further action,

NOTING that the elaboration of an approach based on critical levels is aimed at the establishment of an effect-oriented scientific basis to be taken into account when reviewing the operation of the present Protocol, and at deciding on further internationally agreed measures to limit and reduce emissions of VOCs or the transboundary fluxes of VOCs and photochemical oxidants,

HAVE AGREED as follows:

Article 1

DEFINITIONS

For the purposes of the present Protocol,

1. "Convention" means the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, adopted in Geneva on 13 November 1979;
2. "EMEP" means the Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe;
3. "Executive Body" means the Executive Body for the Convention constituted under article 10, paragraph 1, of the Convention;
4. "Geographical scope of EMEP" means the area defined in article 1, paragraph 4, of the Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution on Long-term Financing of the Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP), adopted in Geneva on 28 September 1984;
5. "Tropospheric ozone management area" (TOMA) means an area specified in annex I under conditions laid down in article 2, paragraph 2 (b);
6. "Parties" means, unless the context otherwise requires, the Parties to the present Protocol;
7. "Commission" means the United Nations Economic Commission for Europe;
8. "Critical levels" means concentrations of pollutants in the atmosphere for a specified exposure time below which direct adverse effects on receptors, such as human beings, plants, ecosystems or materials do not occur according to present knowledge;
9. "Volatile organic compounds", or "VOCs", means, unless otherwise specified, all organic compounds of anthropogenic nature, other than methane, that are capable of producing photochemical oxidants by reactions with nitrogen oxides in the presence of sunlight;
10. "Major source category" means any category of sources emit air pollutants in the form of VOCs, including the categories described in annexes II and III, and which contribute at least 1% of the total national emissions of VOCs on an annual basis, as measured or calculated in the first calendar year after the date of entry into force of the present Protocol, and every fourth year thereafter;

11. “New stationary source” means any stationary source of which the construction or substantial modification is commenced after the expiry of two years from the date of entry into force of the present Protocol;
12. “New mobile source” means any on-road motor vehicle which is manufactured after the expiry of two years from the date of entry into force of the present Protocol;
13. “Photochemical ozone creation potential” (POCP) means the Potential of an individual VOC, relative to that of other VOCs, to form ozone by reaction with oxides of nitrogen in the presence of sunlight, as described in annex IV.

Article 2

BASIC OBLIGATIONS

1. The Parties shall control and reduce their emissions of VOCs in order to reduce their transboundary fluxes and the fluxes of the resulting secondary photochemical oxidant products so as to protect human health and the environment from adverse effects.

2. Each Party shall, in order to meet the requirements of paragraph 1 above, control and reduce its national annual emissions of VOCs or their transboundary fluxes in any one of the following ways to be specified upon signature:

- (a) It shall, as soon as possible and as a first step, take effective measures to reduce its national emissions of VOCs by at least 30% by the year 1999, using 1988 levels as a basis or any other annual level during the period 1984 to 1990, which it may specify upon signature of or accession to the present Protocol; or
- (b) Where its annual emissions contribute to tropospheric ozone concentrations in areas under the jurisdiction of one or more other Parties, and such emissions originate only from areas under its jurisdiction that are specified as TOMAs in annex 1, it shall, as soon as possible and as a first step, take effective measures to:
 - (i) Reduce its annual emissions of VOCs from the areas so specified by at least 30% by the year 1999, using 1988 levels as a basis or any other annual level during the period 1984–1990, which it may specify upon signature of or accession to the present Protocol; and
 - (ii) Ensure that its total national annual emissions of VOCs by the year 1999 do not exceed the 1988 levels; or
- (c) Where its national annual emissions of VOCs were in 1988 lower than 500,000 tonnes and 20 kg/inhabitant and 5 tonnes/km², it shall, as soon as possible and as a first step, take effective measures to ensure at least that at the latest by the year 1999 its national annual emissions of VOCs do not exceed the 1988 levels.

3. (a) Furthermore, no later than two years after the date of entry into force of the present Protocol, each Party shall:

- (i) Apply appropriate national or international emission standards to new stationary sources based on the best available technologies which are economically feasible, taking into consideration annex II;
 - (ii) Apply national or international measures to products that contain solvents and promote the use of products that are low in or do not contain VOCs, taking into consideration annex II, including the labelling of products specifying their VOC content;
 - (iii) Apply appropriate national or international emission standards to new mobile sources based on the best available technologies which are economically feasible, taking into consideration annex III; and
 - (iv) Foster public participation in emission control programmes through public announcements, encouraging the best use of all modes of transportation and promoting traffic Management schemes.
- (b) Furthermore, no later than five years after the date of entry into force of the present Protocol, in those areas in which national or international tropospheric ozone standards are exceeded or where transboundary fluxes originate or are expected to originate, each Party shall:
- (i) Apply the best available technologies that are economically feasible to existing stationary sources in major source categories, taking into consideration annex II;
 - (ii) Apply techniques to reduce VOC emissions from petrol distribution and motor vehicle refuelling operations, and to reduce volatility of petrol, taking into consideration annexes II and III.

4. In carrying out their obligations under this article, Parties are invited to give highest priority to reduction and control of emissions of substances with the greatest POCP, taking into consideration the information contained in annex IV.

5. In implementing the present Protocol, and in particular any product substitution measures, Parties shall take appropriate steps to ensure that toxic and carcinogenic VOCs, and those that harm the stratospheric ozone layer, are not substituted for other VOCs.

6. The Parties shall, as a second step, commence negotiations, no later than six months after the date of entry into force of the present Protocol, on further steps to reduce national annual emissions of volatile organic compounds or transboundary fluxes of such emissions and their resulting secondary photochemical oxidant products, taking into account the best available scientific and technological developments, scientifically determined critical levels and internationally accepted target levels, the role of nitrogen oxides in the formation of photochemical oxidants and other elements resulting from the work programme undertake under article 5.

7. To this end, the Parties shall cooperate in order to establish:

- (a) More detailed information on the individual VOCs and their POCP values;
- (b) Critical levels for photochemical oxidants;
- (c) Reductions in national annual emissions or transboundary fluxes of VOCs and their resulting secondary photochemical oxidant products, especially as required to achieve agreed objectives based on critical levels,
- (d) Control strategies, such as economic Instruments, to obtain overall cost-effectiveness to achieve agreed objectives;
- (e) Measures and a timetable commencing no later than 1 January 2000 for achieving such reductions.

8. In the course of these negotiations, the Parties shall consider whether it would be appropriate for the purposes specified in paragraph 1 to supplement such further steps with measures to reduce methane.

Article 3

FURTHER MEASURES

1. Measures required by the present Protocol shall not relieve Parties from their other obligations to take measures to reduce total gaseous emissions that may contribute significantly to climate change, to the formation of tropospheric background ozone or to the depletion of stratospheric ozone, or that are toxic or carcinogenic.

2. Parties may take more stringent measures than those required by the present Protocol.

3. The Parties shall establish a mechanism for monitoring compliance with the present Protocol. As a first step based on Information provided pursuant to article 8 or other information, any Party which has reason to believe that another Party is acting or has acted in a manner inconsistent with its obligations under this Protocol may inform the Executive Body to that effect and, simultaneously, the Parties concerned. At the request of any Party, the matter may be taken up at the next meeting of the Executive Body.

Article 4

EXCHANGE OF TECHNOLOGY

1. The Parties shall, consistent with their national laws, regulations and practices, facilitate the exchange of technology to reduce emissions of VOCs, particularly through the promotion of:

- (a) The commercial exchange of available technology;
- (b) Direct industrial contacts and cooperation, including joint ventures;
- (c) The exchange of information and experience;
- (d) The provision of technical assistance.

2. In promoting the activities specified in paragraph 1 of this article, the Parties shall create favourable conditions by facilitating contacts and cooperation among appropriate organizations and individuals in the private and public sectors that are capable of providing technology, design and engineering services, equipment or finance.

3. The Parties shall, no later than six months after the date of entry into force of the present Protocol, commence consideration of procedures to create more favourable conditions for the exchange of technology to reduce emissions of VOCs.

Article 5

RESEARCH AND MONITORING TO BE UNDERTAKEN

The Parties shall give high priority to research and monitoring related to the development and application of methods to achieve national or international tropospheric ozone standards and other goals to protect human health and the environment. The Parties shall, in particular, through national or international research programmes, in the work-plan of the Executive Body and through other cooperative programmes within the framework of the Convention, seek to:

- (a) Identify and quantify effects of emissions of VOCs, both anthropogenic and biogenic, and photochemical oxidants on human health, the environment and materials;
- (b) Determine the geographical distribution of sensitive areas;
- (c) Develop emission and air quality monitoring and model calculations including methodologies for the calculation of emissions, taking into account, as far as possible, the different VOC species, both anthropogenic and biogenic, and their reactivity, to quantify the long-range transport of VOCs, both anthropogenic and biogenic, and related pollutants involved in the formation of photochemical oxidants;
- (d) Improve estimates of the performance and costs of technologies for control of emissions of VOCs and record the development of improved and new technologies;
- (e) Develop, within the context of the approach based on critical levels, methods to integrate scientific, technical and economic data in order to determine appropriate rational strategies for limiting VOC emissions and obtain overall cost-effectiveness to achieve agreed objectives;
- (f) Improve the accuracy of inventories of emissions of VOCs, both anthropogenic and biogenic, and harmonize the methods of their calculation or estimation;
- (g) Improve their understanding of the chemical processes involved in the creation of photochemical oxidants;
- (h) Identify possible measures to reduce emissions of methane.

Article 6

REVIEW PROCESS

1. The Parties shall regularly review the present Protocol, taking into account the best available scientific substantiation and technological development.
2. The first review shall take place no later than one year after the date of entry into force of the present Protocol.

Article 7

NATIONAL PROGRAMMES, POLICIES AND STRATEGIES

The Parties shall develop without undue delay national programmes, policies and strategies to implement the obligations under the present Protocol that shall serve as a means of controlling and reducing emissions of VOCs or their transboundary fluxes.

Article 8

INFORMATION EXCHANGE AND ANNUAL REPORTING

1. The Parties shall exchange information by notifying the Executive Body of the national programmes, policies and strategies that they develop in accordance with article 7, and by reporting to it progress achieved under, and any changes to, those programmes, policies and strategies. In the first year after entry into force of this Protocol, each Party shall report on the level of emissions of VOCs in its territory and any TOMA in its territory, by total and, to the extent feasible, by sector of origin and by individual VOC, according to guidelines to be specified by the Executive Body for 1988 or any other year taken as the base year for article 2.2 and on the basis upon which these levels have been calculated.

2. Furthermore each party shall report annually:

- (a) On the matters specified in paragraph 1 for the previous calendar year, and on any revision which may be necessary to the reports already made for earlier years;
- (b) On progress in applying national or international emission standards and the control techniques required under article 2, paragraph 3;
- (c) On measures taken to facilitate the exchange of technology.

3. In addition, Parties within the geographical scope of EMEP shall report, at intervals to be specified by the Executive Body, information on VOC emissions by sector of origin, with a spatial

resolution, to be specified by the Executive Body, appropriate for purposes of modelling the formation and transport of secondary photochemical oxidant products.

4. Such information shall, as far as possible, be submitted in accordance with a uniform reporting framework.

Article 9

CALCULATIONS

EMEP shall, utilizing appropriate models and measurements, provide to the annual meetings of the Executive Body relevant information on the long-range transport of ozone in Europe. In areas outside the geographical scope of EMEP, models appropriate to the particular circumstances of Parties to the Convention therein shall be used.

Article 10

ANNEXES

The annexes to the present Protocol shall form an integral part of the Protocol. Annex 1 is mandatory while annexes II, III and IV are recommendatory.

Article 11

AMENDMENTS TO THE PROTOCOL

1. Any Party may propose amendments to the present Protocol.

2. Proposed amendments shall be submitted in writing to the Executive Secretary of the Commission, who shall communicate them to all Parties. The Executive Body shall discuss the proposed amendments at its next annual meeting, provided that those proposals have been circulated by the Executive Secretary to the Parties at least 90 days in advance.

3. Amendments to the Protocol, other than amendments to its annexes, shall be adopted by consensus of the Parties present at a meeting of the Executive Body, and shall enter into force for the Parties which have accepted them on the ninetieth day after the date on which two thirds of the Parties have deposited their instruments of acceptance thereof. Amendments shall enter into force for any Party which has accepted them after two thirds of the Parties have deposited their Instruments of acceptance of the amendment, on the ninetieth day after the date on which that Party deposited its instrument of acceptance of the amendments.

4. Amendments to the annexes shall be adopted by consensus of the Parties present at a meeting of the Executive Body and shall become effective 30 days after the date on which they have been communicated, in accordance with paragraph 5 of this article.

5. Amendments under paragraphs 3 and 4 of this article shall, as soon as possible after their adoption, be communicated by the Executive Secretary to all Parties.

Article 12

SETTLEMENT OF DISPUTES

If a dispute arises between two or more Parties as to the interpretation or application of the present Protocol, they shall seek a solution by negotiation or by any other method of dispute settlement acceptable to the parties to the dispute.

Article 13

SIGNATURE

1. The present Protocol shall be open for signature at Geneva from 18 November 1991 until 22 November 1991 inclusive, then at the United Nations Headquarters in New York until 22 May 1992, by the States members of the Commission as well as States having consultative status with the Commission, pursuant to paragraph 8 of Economic and Social Council resolution 36 (IV) of 28 March 1947, and by regional economic integration organizations, constituted by sovereign States members of the Commission, which have competence in respect of the negotiation, conclusion and application of international agreements in matters covered by the Protocol, provided that the States and organizations concerned are Parties to the Convention.

2. In matters within their competence, such regional economic integration organizations shall, on their own behalf, exercise the rights and fulfil the responsibilities which the present Protocol Attributes to

their member States. In such cases, the member States of these organizations shall not be entitled to exercise such rights individually.

Article 14

RATIFICATION, ACCEPTANCE, APPROVAL AND ACCESSION

1. The present Protocol shall be subject to ratification, acceptance or approval by Signatories.
2. The present Protocol shall be open for accession as from 22 May 1992 by the States and organizations referred to in article 13, paragraph 1.

Article 15

DEPOSITARY

The instruments of ratification, acceptance, approval or accession shall be deposited with the Secretary-General of the United Nations, who will perform the functions of Depositary.

Article 16

ENTRY INTO FORCE

1. The present Protocol shall enter into force on the ninetieth day following the date on which the sixteenth instrument of ratification, acceptance, approval or accession has been deposited.
2. For each State and organization referred to in article 13, Paragraph 1, which ratifies, accepts or approves the present Protocol or accedes thereto after the deposit of the sixteenth instrument of ratification, acceptance, approval or accession, the Protocol shall enter into force on the ninetieth day following the date of deposit by such Party of its Instrument of ratification, acceptance, approval or accession.

Article 17

WITHDRAWAL

At any time after five years from the date on which the present Protocol has come into force with respect to a Party, that Party may withdraw from it by giving written notification to the Depositary. Any such withdrawal shall take effect on the ninetieth day following the date of its receipt by the Depositary, or on such later date as may be specified in the notification of the withdrawal.

Article 18

AUTHENTIC TEXTS

The original of the present Protocol, of which the English, French and Russian texts are equally authentic, shall be deposited with the Secretary-General of the United Nations.

IN WITNESS WHEREOF the undersigned, being duly authorized thereto, have signed the present Protocol.

DONE at Geneva this eighteenth day of November one thousand nine hundred and ninety-one.

Annex I

DESIGNATED TROPOSPHERIC OZONE MANAGEMENT AREAS (TOMAs)

The following TOMAs are specified for the purposes of this Protocol:

Canada

TOMA No. 1: The Lower Fraser Valley in the Province of British Columbia.

This is a 16,800-km²-area in the southwestern corner of the Province of British Columbia averaging 80 km in width and extending 200 km up the Fraser River Valley from the mouth of the river in the Strait of Georgia to Boothroyd, British Columbia. Its southern boundary is the Canada/United States international boundary and it includes the Greater Vancouver Regional District.

TOMA No. 2: The Windsor-Quebec Corridor in the Provinces of Ontario and Quebec.

This is a 157,000-km²-area consisting of a strip of land 1,100 km long and averaging 140 km in width stretching from the City of Windsor (adjacent to Detroit in the United States) in the Province of Ontario to Quebec City in the Province of Quebec. The Windsor-Quebec Corridor TOMA is located along the north shore of the Great Lakes and the St. Lawrence River in Ontario and straddles the St.

Lawrence River from the Ontario-Quebec border to Quebec City in Quebec. It includes the urban centres of Windsor, London, Hamilton, Toronto, Ottawa, Montreal, Trois-Rivières and Quebec City.

Norway

The total Norwegian mainland as well as the exclusive economic zone south of 62°N latitude in the region of the Economic Commission for Europe (ECE), covering an area of 466,000 km².

Annex II

CONTROL MEASURES FOR EMISSIONS OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) FROM STATIONARY SOURCES

INTRODUCTION

1. The aim of this annex is to provide the Parties to the Convention with guidance in identifying best available technologies to enable them to meet the obligations of the Protocol.

2. Information regarding emission performance and costs is based on official documentation of the Executive Body and its subsidiary bodies, in particular documents received and reviewed by the Task Force on Emissions of VOCs from Stationary Sources. Unless otherwise indicated, the techniques listed are considered to be well established on the basis of operational experience.

3. Experience with new products and new plants incorporating low-emission techniques, as well as with the retrofitting of existing plants, is continuously growing; the regular elaboration and amendment of the annex will therefore be necessary. Best available technologies identified for new plants can be applied to existing plants after an adequate transition period.

4. The annex lists a number of measures spanning a range of costs and efficiencies. The choice of measures for any particular case will depend on a number of factors, including economic circumstances, technological infrastructure and any existing VOC control implemented.

5. This annex does not, in general, take into account the specific species of VOC emitted by the different sources, but deals with best available technologies for VOC reduction. When measures are planned for some sources, it is worthwhile to consider giving priority to those activities which emit reactive rather than non-reactive VOCs (e.g. in the solvent-using sector). However, when such compound-specific measures are designed, other effects on the environment (e.g. global climate change) and on human health should also be taken into account.

I. MAJOR SOURCES OF VOC EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES

6. The major sources of anthropogenic non-methane VOC emissions from stationary sources are the following:

- (a) Use of solvents;
- (b) Petroleum industry including petroleum-product handling;
- (c) Organic chemical industry;
- (d) Small-scale combustion sources (e.g. domestic heating and small industrial boilers);
- (e) Food industry;
- (f) Iron and steel industry;
- (g) Handling and treatment of wastes;
- (h) Agriculture.

7. The order of the list reflects the general importance of the sources subject to the uncertainties of emission inventories. The distribution of VOC emissions according to different sources depends greatly on the fields of activity within the territory of any particular Party.

II. GENERAL OPTIONS FOR VOC-EMISSION REDUCTION

8. There are several possibilities for the control or prevention of VOC emissions. Measures for the reduction of VOC emissions focus on products and/or process modifications (including maintenance and operational control) and on the retrofitting of existing plants. The following list gives a general outline of measures available, which may be implemented either singly or in combination:

- (a) Substitution of VOCs, e.g. the use of water-based degreasing baths, and paints, inks, glues or adhesives which are low in or do not contain VOCs;
- (b) Reduction by best management practices such as good housekeeping, preventive maintenance programmes, or by changes in processes such as closed systems during utilization, storage and distribution of low-boiling organic liquids;

- (c) Recycling and/or recovery of efficiently collected VOCs by control techniques such as adsorption, absorption, condensation and membrane processes, ideally, organic compounds can be reused on-site;
- (d) Destruction of efficiently collected VOCs by control techniques such as thermal or catalytic incineration or biological treatment.

9. The monitoring of abatement procedures is necessary to ensure that appropriate control measures and practices are properly implemented for an effective reduction of VOC emissions. Monitoring of abatement procedures will include:

- (a) The development of an inventory of those VOC-emission reduction measures, identified above, that have already been implemented;
- (b) The characterization and qualification of VOC emissions from relevant sources by instrumental or other techniques;
- (c) Periodic auditing of abatement measures implemented to ensure their continued efficient operation;
- (d) Regularly scheduled reporting on (a), (b) and (c), using harmonized procedures, to regulatory authorities;
- (e) Comparison, with the objectives of the Protocol, of VOC-emission reductions achieved in practice.

10. The investment/cost figures have been collected from various sources. On account of the many influencing factors, investment/cost figures are highly case-specific. If the unit „cost per tonne of VOC abated“ is used for cost-efficient strategy considerations, it must be borne in mind that such specific figures are highly dependent on factors such as plant capacity, removal efficiency and raw gas VOC concentration, type of technology, and the choice of new installations as opposed to retrofitting. Illustrative cost figures should also be based on process-specific parameters, e.g. mg/m² treated (paints), kg /m³ product or kg/unit.

11. Cost-efficient strategy considerations should be based on total costs per year (including capital and operational costs). VOC-emission reduction costs should also be considered within the framework of the overall process economics, e.g. the impact of control measures and costs on the costs of production.

III. CONTROL TECHNIQUES

12. The major categories of available control techniques for VOC abatement are summarized in table 1. Those techniques chosen for inclusion in the table have been successfully applied commercially and are now well established. For the most part, they have been applied generally across sectors.

13. Sector-specific techniques, including the limitation of the solvent content of products, are given in sections IV and V.

14. Care should be taken to ensure that the implementation of these control techniques does not create other environmental problems. If incineration has to be used, it should be combined with energy recovery, where appropriate.

15. Using such techniques, concentrations of below 150 mg/m³ (as total carbon, standard conditions) can usually be achieved in exhaust air flows. In most cases, emission values of 10–50 mg/m³ can be achieved.

16. Another common procedure for destroying non-halogenated VOCs is to use VOC-laden gas streams as secondary air or fuel in existing energy-conversion units. However, this usually requires site-specific process modifications and therefore it too is excluded from the following table.

17. Data on efficiency are derived from operational experience and are considered to reflect the capabilities of current installations.

18. Cost data are more subject to uncertainty due to interpretation of costs, accountancy practices and site-specific conditions. Therefore the data provided are case-specific. They cover the cost ranges for the different techniques. The costs do, however, accurately reflect the relationships between the costs of the different techniques. Differences in costs between new and retrofit applications may in some cases be significant but do not differ sufficiently to change the order in table 1.

19. The choice of a control technique will depend on parameters such as the concentration of VOCs in the raw gas, gas volume flow, the type of VOCs, and others. Therefore, some overlap in the fields of application may occur; in that case, the most appropriate technique must be selected according to case-specific conditions.

Table 1

A summary of available voc control techniques, their efficiencies and costs

Technique	Lower concentration in air flow		Higher concentration in air flow		Application
	Efficiency	Cost	Efficiency	Cost	
Thermal incineration **)	High	High	High	Medium	Wide for high concentration flows
Catalytic incineration **)	High	Medium	Medium	Medium	More specialized for lower concentration flows
Adsorption *) (activated carbon filters)	High	High	Medium	Medium	Wide for low concentration flows
Absorption (Waste gas washing)	–	–	High	Medium	Wide for high concentration flows
Condensation *)	–	–	Medium	Low	Special cases of high concentration flows only
Biofiltration	Medium to high	Low	Low ***)	Low	Mainly in low concentration flows, including odour control

Concentration: Lower < 3 g/m³ (in many cases < 1 g/m³); Higher > 5 g/m³

Efficiency: High > 95%
Medium 80–95%
Low < 80%

Total cost: High > 500 ECU/t VOC abated
Medium 150–500 ECU/t VOC abated
Low < 150 ECU/t VOC abated

*) These process can be combined with solvent recovery systems. Cost savings then ensue.

**) Savings due to energy recovery are not included; these can reduce the costs considerably.

***) With buffering filters to dampen emission peaks, medium to high efficiencies are achieved at medium to low costs.

IV. SECTORS

20. In this section, each VOC-emitting is characterized by a table containing the main emission sources, control measures including the best available technologies, their specific reduction efficiency and the related costs.

21. An estimate is also provided of the overall potential within each sector for reducing its. VOC emissions. The maximum reduction potential refers to situations in which only a low level of control is in place.

22. Process-specific reduction efficiencies should not be confused with the figures given for the reduction potential of each sector. The former are technical feasibilities, while the latter take into account the likely penetration and other factors affecting each sector. The process-specific efficiencies are given only qualitatively, as follows:

$$I = > 95\%, II = 80-95\%, III = < 80\%$$

23. Costs depend on capacity, site-specific factors, accountancy practices and other factors. Consequently, costs may vary greatly, therefore, only qualitative information (medium, low, high) is provided, referring to comparisons of costs of different technologies mentioned for specific applications.

A. Industrial use of solvents

24. The industrial use of solvents is in many countries the biggest contributor to VOC emissions from stationary sources. Main sectors and control measures, including best available technologies and reduction efficiencies, are listed in table 2, and the best available technology is specified for each sector. There may be differences between small and large or new and old plants. For this reason, the estimated overall reduction potential quoted is below the values implied in table 2. The estimated overall reduction potential for this sector is up to 60%. A further step to reduce episodic ozone formation potential can include the reformulation of the remaining solvents.

25. With respect to the industrial use of solvents, three approaches can in principle be used: a product-oriented approach which, for instance, leads to a reformulation of the product (paint, degreasing products, etc.), process-oriented changes, and add-on control technologies. For some industrial uses of solvents only a product-oriented approach is available (in the case of painting constructions, painting buildings, the industrial use of cleaning products, etc.). In all other cases, the product-oriented approach deserves priority, *inter alia*, because of the positive spin-off effects on the solvent emission of the manufacturing industry. Furthermore, the environmental impact of emissions can be reduced by combining best available technology with product reformulation to replace solvents by less harmful alternatives. According to a combined approach of this kind, the maximum emission reduction potential of up to 60% could lead to an improvement in environmental performance that is significantly higher.

Table 2

VOC-emission control measures, reduction efficiency and costs for the solvent-using sector

Source of emission	Emission control measures	Reduction efficiency	Abatement costs and savings
Industrial surface coating	Conversion to		
	– powder paints	I	Savings
	– low in/not containing VOCs	I–III	Low costs
	– high solids	I–III	Savings
	Incineration: – thermal	I–II	Medium to high costs
	– catalytic	I–II	Medium costs
Paper surface coating	Activated carbon adsorption	I–II	Medium costs
	Incinerator	I–II	Medium costs
	Radiation cure/waterborne inks	I–III	Low costs
Car manufacturing	Conversion to:		
	– powder paints	I	
	– water-based systems	I–II	Low costs
	– high solid coating	II	
	Activated carbon adsorption	I–II	Low costs
	Incineration with heat recovery		
Commercial painting	– thermal	I–II	
	– catalytic	I–II	
	Low in/not containing VOCs	I–II	Medium costs
Printing	Low in/not containing VOCs	II–III	Medium costs
	Low-solvent/water-based inks	II–III	Medium costs
	Letterpress: radiation cure	I	Low costs
	Activated carbon adsorption	I–II	High costs
	Absorption		
	Incineration	I–II	
	– thermal		
Metal degreasing	– catalytic		
	Biofiltration including buffer filter	I	Medium costs
	Change-over to systems low in/not containing VOCs	I	
	Closed machines		
	Activated carbon adsorption	II	Low to high costs
Dry-cleaning	Cover, chilled freeboards	III	Low costs
	Recovery dryers and good house-keeping (closed cycles)	II–III	Low to medium costs
	Condensation	II	Low costs
	Activated carbon adsorption	II	Low costs
Flat wood panelling	Coatings low in/not containing VOCs	I	Low costs

26. There is rapid ongoing development towards low-solvent or solvent-free paints, which are among the most cost-effective solutions. For many plants, a combination of low-solvent and adsorption/incineration techniques are chosen. VOC-emission control for large-scale, industrial painting (e.g. of cars, domestic appliances) could be implemented relatively quickly. Emissions have been reduced as far as 60 g/m² in several countries. The technical possibility of reducing emissions from new plants to below 20 g/m² has been recognized by several countries.

27. For the degreasing of metal surfaces, alternative solutions are water-based treatment or closed machines with activated carbon for recovery, with low emissions.

28. For the different printing techniques, several methods to reduce VOC emissions are employed. These mainly involve the changing of inks, changes within the printing process using other printing methods, and gas cleaning techniques. Waterborne ink instead of solvent-based ink is used for flexographic printing on paper and is under development for printing on plastic. Waterborne inks for screen and rotogravure printing are available for some applications. The use of electron beam cured ink in offset eliminates VOCs and is used in the package printing industry. For some printing methods, UV-cured inks are available. Best available technology for publication rotogravure is the gas cleaning technique using carbon adsorbents. In packaging, the rotogravure recovery of solvent by adsorption (zeolites, active carbon) is practised, but incineration and absorption are also used. For heatset, the weboffset thermal or catalytic incineration of exhaust gases is used. The incineration equipment often includes a unit for heat recovery.

29. For dry-cleaning, the best available technology consists of closed machines and treatment of the exhaust ventilation air by activated carbon filters.

B. Petroleum industry

30. The petroleum industry is one of the major contributors to VOC emissions from stationary sources. Emissions are from both refineries and distribution (including transportation and filling-stations). The following comments refer to table 3, the measures mentioned also include best available technology.

31. Refinery process emissions arise from fuel combustion, flaring of hydrocarbons, vacuum-system discharges and fugitive emissions from process units, such as flanges and connectors, opened lines and sampling systems. Other major VOC emissions within refineries and related activities result from storage, waste-water treatment processes, loading/discharging facilities such as harbours, truck- and railway-racks, pipeline terminals, and periodic operations such as shut-downs, servicing and start-ups (process-unit turnarounds).

32. Process-unit turnaround emissions may be controlled by venting vessel vapours to vapour recovery systems or controlled flaring.

33. Vacuum-system discharges may be controlled by condensation or by piping to boilers or heaters.

Table 3

VOC-emission control measures, reduction efficiency and costs for the petroleum industry

Source of emission	Emission control measures	Reduction efficiency	Abatement costs and savings
Petroleum refineries			
– Fugitive emissions	Regular inspection and maintenance	III	Medium costs
– Process-unit turnarounds	Flares/process furnace vapour recovery	I	not available
– Waste-water separator	Floating cover	II	Medium costs/savings
– Vacuum process system	Surface contact condensers Non-condensable VOCs piped to heaters or furnaces	I	
– Incineration of sludge	Thermal incineration	I	
Storage of crude oil and products			
– Petrol	Internal floating roofs with secondary seals	I–II	Savings

Source of emission	Emission control measures	Reduction efficiency	Abatement costs and savings
– Crude oil – Petrol marketing terminals (loading and unloading of trucks, barges and trains) – Petrol service stations	Floating roof tanks with secondary seals	II	Savings
	Floating roof tanks with secondary seals	II	Savings
	Vapour recovery unit	I–II	Savings
	Vapour balance on tank trucks (Stage I)	I–II	Low costs/savings
	Vapour balance during refuelling (refuelling nozzles) (Stage II)	I [–II **)]	Medium costs *)

*) Depending on capacity (station size), retrofitting or new service stations.

**) Will increase with increasing penetration of standardization of vehicle filling pipes.

34. Fugitive emissions from process equipment in gas/vapour or light liquid service (e.g. automatic control valves, manual valves, pressure relief devices, sampling systems, pumps, compressors, flanges and connectors) can be reduced or prevented by regularly performing leak detection, repair programmes and preventive maintenance. Equipment with substantial leaks (e.g. valves, gaskets, seals, pumps, etc.) can be replaced by equipment that is more leakproof. For example, manual and automatic control valves can be changed for corresponding valves with bellow gaskets. Pumps in gas/vapour and light liquid service can be fitted with dual mechanical seals with controlled degassing vents. Compressors can be equipped with seals with a barrier fluid system that prevents leakage of the process fluid to the atmosphere, and leakage from compressors seals directed to the flares.

35. Pressure relief valves for media that may contain VOCs can be connected to a gas-collecting system and the gases collected burnt in process furnaces or flares.

36. VOC emissions from the storage of crude oil and products can be reduced by equipping fixed-roof tanks with floating roofs or by equipping floating-roof tanks with secondary seals.

37. VOC emissions from the storage of petrol and other light liquid components can be reduced by several means. Fixed-roof tanks can be equipped with internal floating roofs with primary and secondary seals or connected to a closed vent system and effective control device, e.g. vapour recovery, flaring or combustion in process heaters. External floating-roof tanks with primary seals can be equipped with secondary seals, and/or supplemented with tight, fixed roofs, with pressure relief valves which can be connected to the flare.

38. VOC emissions in connection with waste-water handling and treatment can be reduced by several means. Water-seal controls can be installed, as can junction boxes, equipped with tight-fitting covers, in drain systems. Sewer lines can be covered. Alternatively, the drain system can be completely closed to the atmosphere. Oil-water separators, including separation tanks, skimmers, weirs, grit chambers, sludge hoppers and slop-oil facilities, can be equipped with fixed roofs and closed vent systems that direct vapours to a control device, designed either for the recovery or destruction of the VOC vapours. Alternatively, oil-water separators can be equipped with floating roofs with primary and secondary seals. The effective reduction of VOC emissions from waste-water treatment plants can be achieved by draining oil from process equipment to the slop-oil system, thus minimizing the oil-flow into the waste-water treatment plant. The temperature of incoming water can also be controlled in order to lower emissions to the atmosphere.

39. The petrol storage and distribution sector has a high reduction potential. Emission control covering the loading of petrol at the refinery (via intermediate terminals) up to its discharge at petrol service stations is defined as Stage I; control of emissions from the refuelling of cars at service stations is defined as Stage II (see para. 33 annex III on Control Measures for Emissions of Volatile Organic Compounds (VOCs) from on-road Motor Vehicles).

40. Stage I control consists of vapour balancing and vapour collection at the loading of petrol, and recovering the vapour in recovery units. Furthermore, vapour collected at service stations from the discharge of petrol from trucks can be returned and recovered in vapour recovery units.

41. Stage II control consists of vapour balancing between the vehicle fuel tank and the service station's underground storage tank.

42. Stage II together with Stage I is the best available technology for reducing evaporative emissions during petrol distribution. A complementary means of reducing VOC emissions from fuel storage and handling is to reduce fuel volatility.

43. The overall reduction potential in the petroleum industry sector is up to 80%. This maximum could be reached only where the current level of emission control is low.

C. Organic chemical industry

44. The chemical industry also makes a considerable contribution to VOC emissions from stationary sources. The emissions are of different characters with a wide range of pollutants, because of the variety of products and production processes. Process emissions can be divided into the following major subcategories: reactor-process emissions, air-oxidation emissions and distillation, and other separation processes. Other significant emission sources are from leaks, storage and product transfer (loading/unloading).

45. For new plants, process modifications and/or new processes often reduce emissions considerably. So-called "add-on" or "end-of-pipe" techniques such as adsorption, absorption, thermal and catalytic incineration in many cases represent alternative or complementary technologies. To reduce evaporation losses from storage tanks and emissions from loading and unloading facilities, the control measures recommended for the petroleum industry (table 3) can be applied. Control measures including best available technologies and their process-related reduction efficiencies are given in table 4.

46. The feasible overall reduction potential in the organic chemical industry is up to 70%, depending on the industry mix and the extent to which control technologies and practices are in place.

Table 4

VOC-emission control measures, reduction efficiency and costs for the organic chemical industry

Source of emission	Emission control measures	Reduction efficiency	Abatement costs and savings
Fugitive emissions	Leak detection and repair programme		
	– regular inspection	III	Low costs
Storage and handling	– See table 3 –		
Process emissions	General measures:		
	– carbon adsorption	I–II	n.a.
	– incineration: – thermal	I–II	Medium to high
	– catalytic	I–II	n.a.
	– absorption		n.a.
	– biofiltration	n.a.	n.a.
	– flaring		
– Formaldehyde production	– incineration: – thermal	I	High costs
	– catalytic	I	
– Polyethylene production	– flaring	I	Medium costs
	– catalytic incineration	I–II	
– Polystyrene production	– thermal incineration	I	Medium costs
	– flaring		
	Process modifications (examples):		
– Vinyl chloride production	– substitution of air by oxygen in the oxychlorination step	II	n.a.
	– flaring	I	Medium costs

Source of emission	Emission control measures	Reduction efficiency	Abatement costs and savings
– Polyvinylchloride productions	– slurry stripping of monomer	II	n.a.
	– Nitro-2-methyl-1-propanol-1 absorption	I	Savings
– Polypropylene production	– high yield catalyst	I	n.a.
– Ethylene oxide production	– substitution of air by oxygen	I	n.a.

n.a. Not available

D. Stationary combustion

47. Optimal VOC-emission reduction from stationary combustion depends on the efficient use of fuel at the national level (table 5). It is also important to ensure the effective combustion of fuel by the use of good operational procedures, efficient combustion appliances and advanced combustion-management Systems.

48. For small systems in particular, there is still a considerable reduction potential, especially in the burning of solid fuels. VOC reduction in general is achievable by the replacement of old stoves/boilers and/or fuel-switching to gas. The replacement of single room stoves by central heating systems and/or the replacement of individual heating systems in general reduces pollution; however, overall energy efficiency has to be taken into account. Fuel-switching to gas is a very effective control measure, provided the distribution system is leakproof.

49. For most countries, the VOC-reduction potential for power plants is negligible. On account of the uncertain replacement/fuel-switch involved, no figures can be given regarding the overall reduction potential and the related costs.

Table 5

VOC-emission control measures for stationary combustion sources

Source of emission	Emission control measures
Small-scale combustion sources	Energy savings, e.g. insulation Regular inspection Replacement of old furnaces Natural gas and fuel oil instead of solid fuels Central heating system District heating system
Industrial and commercial sources	Energy savings Better maintenance Fuel-type modification Change of furnace and load Change of burning conditions
Stationary internal combustion sources	Catalytic converters Thermal reactors

E. Food industry

50. The food industry sector covers a wide range of VOC-emitting processes from large and small plants (table 6). The major sources of VOC emissions are:

- (a) Production of alcoholic beverages;
- (b) Baking;
- (c) Vegetable oil extraction using mineral oils;
- (d) Animal rendering.

Alcohol is the principal VOC from (a) and (b). Aliphatic hydrocarbons are the principal VOC from (c).

51. Other potential sources include:

- (a) Sugar industry and sugar use;
- (b) Coffee and nut roasting;
- (c) Frying (chipped potatoes, crisps, etc.);
- (d) Fish meal processing;
- (e) Preparation of cooking meats, etc.

52. VOC emissions are typically odorous, of low concentration with high volume flow and water content. For this reason, the use of biofilters has been used as an abatement technique. Conventional techniques such as absorption, adsorption, thermal and catalytic incineration have also been used. The principal advantage of biofilters is their low operational cost compared with other techniques. Nevertheless, periodic maintenance is required.

53. It may be feasible for larger fermentation plants and bakeries to recover alcohol by condensation.

54. Aliphatic hydrocarbon emissions from oil extraction are minimized by using closed cycles and good housekeeping to prevent losses from valves and seals, etc. Different oil seeds require different volumes of mineral oil for extraction. Olive oil can be extracted mechanically, in which case no mineral oil is necessary.

55. The technologically feasible overall reduction potential in the food industry is estimated to be up to 35%.

Table 6

VOC-emission control measures, reduction efficiency and costs for the food industry

Source of emission	Emission control measures	Reduction efficiency	Abatement costs and savings
In general	Closed cycles Bio-oxidation Condensation and treatment Adsorption/absorption Thermal/catalytic incineration	II I	Low *) High
Vegetable-oil processing	Process-integrated measures Adsorption Membrane technique Incineration in process furnace	III	Low
Animal rendering	Biofiltration	II	Low *)

*) Owing to the fact that these processes are usually applied to gases with low VOC concentrations, the costs per cubic metre of gas are low, although VOC abatement per tonne is high.

F. Iron and steel industry (including ferro-alloys, casting etc.)

56. In the iron and steel industry, VOC emissions may be from a variety of sources:

- (a) Processing of input materials (cokerries; agglomeration plants: sintering, pelletizing, briquetting; scrap-handling);
- (b) Metallurgical reactors (submerged arc furnaces; electric arc furnaces, converters, especially if using scrap; (open) cupolas; blast furnaces);
- (c) Product handling (casting; reheating furnaces; and rolling mills).

57. Reducing the carbon carrier in raw materials (e.g. on sintering belts) reduces the potential of VOC emissions.

58. In the case of open metallurgical reactors, VOC emissions may occur especially from contaminated scrap and under pyrolytic conditions. Special attention has to be paid to the collection of gases from charging and tapping operations, in order to minimize fugitive VOC emissions.

59. Special attention has to be paid to scrap which is contaminated by oil, grease, paint, etc., and to the separation of fluff (non-metallic parts) from metallic scrap.

60. The processing of products usually entails fugitive emissions. In the case of casting, emissions of pyrolysis gases occur, chiefly from organically bonded sands. These emissions can be reduced by

choosing low-emission bonding resins and/or minimizing the quantity of binders. Biofilters have been tested on such flue gases. Oil mist in the air from rolling mills can be reduced to low levels by filtration.

61. Coking plants are an important VOC emission source. Emissions arise from: coke oven gas leakage, the loss of VOCs normally diverted to an associated distillation plant, and from the combustions of coke oven gas and other fuel. VOC emissions are reduced mainly by the following measures: improved sealing between over doors and frames and between charging holes and covers; maintaining suction from ovens even during charging; dry quenching either by direct cooling with inert gases or by indirect cooling with water; pushing directly into the dry quenching unit; and efficient hooding during pushing operations.

G. Handling and treatment of waste

62. Concerning municipal solid waste control, the primary objectives are to reduce the amount of waste produced and to reduce the amount to be treated. In addition, the waste treatment should be optimized from an environmental point of view.

63. If landfill processes are used, VOC-emission control measures for the treatment of municipal waste should be linked to an efficient collection of the gases (mostly methane).

64. These emissions can be destroyed (incineration). Another option is the purification of the gas (bio-oxidation, absorption, activated carbon, adsorption) leading to use of the gas for energy production.

65. The landfill of industrial waste containing VOCs leads to VOC emissions. This point has to be taken into account in the definition of waste-management policies.

66. The overall reduction potential is estimated to be 30%, though this figure includes methane.

H. Agriculture

67. The principal sources of VOC emissions from agriculture are:

- (a) Burning of agricultural waste, particularly straw and stubble;
- (b) Use of organic solvents in pesticide formulations;
- (c) Anaerobic degradation of animal feeds and wastes.

68. VOC emissions are reduced by:

- (a) Controlled disposal of straw as opposed to the common practice of open-field burning;
- (b) Minimal use of pesticides with high organic solvent contents, and/or the use of emulsions and water-based formulations;
- (c) Composting of waste, combining manure with straw, etc;
- (d) Abatement of exhaust gases from animal houses, manure drying plant, etc., by use of biofilters, adsorption, etc.

69. In addition, alterations of feed reduce emissions of gas from animals, and the recovery of gases for use as fuel is a possibility.

70. It is not currently possible to estimate the reduction potential of VOC emissions from agriculture.

V. PRODUCTS

71. In circumstances in which abatement by control techniques is not appropriate, the sole means of reducing VOC emissions is by altering the composition of products used. The main sectors and products concerned are: adhesives used in households, light industry, shops and offices; paints for use in households; household cleaning and personal care products; office products such as correcting fluids and car maintenance products. In any other situation in which products like those mentioned above are used (e.g. painting, light industry), alterations in product composition are highly preferable.

72. Measures aimed at reducing VOC emissions from such products are:

- (a) Product substitution;
- (b) Product reformulation;
- (c) Altering the packaging of products, especially for reformulated products.

73. Instruments designed to influence market choice include:

- (a) Labelling to ensure that consumers are well informed of the VOC content;
- (b) Active encouragement of low-VOC-content products (e.g. the "Blue Angel" scheme);
- (c) Fiscal incentives linked to VOC content.

74. The efficiency of these measures depends on the VOC content of the products involved and the availability and acceptability of alternatives. Reformulation should be checked to ensure that products do not create problems elsewhere (e.g. increased emissions of chlorofluorocarbons (CFCs)).

75. VOC-containing products are used for industrial as well as domestic purposes. In either case the use of low-solvent alternatives may entail changes in application equipment and in work practices.

76. Paints commonly used for industrial and domestic purposes have an average solvent content of about 25 to 60%. For most applications, low-solvent or solvent-free alternatives are available or under development:

- (a) Paint for use in the light industry:
 - Powder paint = 0% VOC content in product
 - Waterborne paint = 10% VOC content in product
 - Low-solvent paint = 15% VOC content in product
- (b) Paint for domestic use:
 - Waterborne paint = 10% VOC content in product
 - Low-solvent paint = 15% VOC content in product

Switching over to alternative paints is expected to result in an overall VOC-emission reduction of about 45 to 60%.

77. Most adhesive products are used in industry, while domestic uses account for less than 10%. About 25% of the adhesives in use contain VOC solvents. For these adhesives, the solvent content varies widely and may constitute half the weight of the product. For several application areas, low-solvent/solvent-free alternatives are available. This source category therefore offers a high reduction potential.

78. Ink is mainly used for industrial printing processes, with solvent contents differing widely, up to 95%. For most printing processes, low-solvent inks are available or under development in particular for printing on paper (see para. 28).

79. About 40 to 60% of VOC emissions from consumer products (including office products and those used in car maintenance) are from aerosols. There are three basic ways of reducing VOC emissions from consumer products:

- (a) Substitution of propellants and the use of mechanical pumps;
- (b) Reformulation;
- (c) Change of packaging.

80. The potential reduction of VOC emissions from consumer products is estimated to be 50%.

Annex III

CONTROL MEASURES FOR EMISSIONS OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) FROM ON-ROAD MOTOR VEHICLES

INTRODUCTION

1. This annex is based on Information on emission control performance and costs contained in official documentation of the Executive Body and its subsidiary bodies; in the report on Volatile Organic Compounds from On-road Vehicles: Sources and Control Options, prepared for the Working Group on Volatile Organic Compounds; in documentation of the Inland transport Committee of the Economic Commission for Europe (ECE) and its subsidiary bodies (in particular, documents TRANS/SC1/WP.29/R.242, 486 and 506); and on supplementary information provided by governmentally designated experts.

2. The regular elaboration and amendment of this annex will be necessary in the light of continuously expanding experience with new vehicles incorporating low-emission technology and the development of alternative fuels, as well as with retrofitting and other strategies for existing vehicles. The annex cannot be an exhaustive statement of technical options; its aim is to provide guidance to Parties in identifying economically feasible technologies for fulfilling their obligations under the Protocol. Until other data become available, this annex concentrates on on-road vehicles only.

I. MAJOR SOURCES OF VOC EMISSIONS FROM MOTOR VEHICLES

3. Sources of VOC emissions from motor vehicles have been divided into:

- (a) tailpipe emissions;
- (b) evaporative and refuelling emissions; and
- (c) crankcase emissions.

4. Road transport (excluding petrol distribution) is a major source of anthropogenic VOC emissions in most ECE countries and contributes between 30 and 45% of total man-made VOC emissions in the ECE region as a whole. By far the largest source of road transport VOC emissions is the petrol-fuelled vehicle which accounts for 90% of total traffic emissions of VOCs (of which 30 to 50% are evaporative emissions). Evaporative and refuelling emissions result primarily from petrol use, and are considered very low in the case of diesel fuels.

II. GENERAL ASPECTS OF CONTROL TECHNOLOGIES FOR VOC EMISSIONS FROM ON-ROAD MOTOR VEHICLES

5. The motor vehicles considered in this annex are passenger cars, light-duty trucks, on-road heavy-duty vehicles, motor cycles and mopeds.

6. While this annex deals with both new and in-use vehicles, it is primarily focused on VOC-emission control for new vehicle types.

7. This annex also provides guidance on the influence of changes in petrol properties on evaporative VOC emissions. Fuel substitution [e.g. natural gas, liquefied petroleum gas (LPG), methanol] can also provide VOC-emission reduction but this is not considered in this annex.

8. Cost figures for the various technologies given are manufacturing cost estimates rather than retail prices.

9. It is important to ensure that vehicle designs are capable of meeting emission standards in service. This can be done through ensuring conformity of production, full useful-life durability, warranty of emission-control components, and recall of defective vehicles. For in-use vehicles, continued emission-control performance can also be ensured by an effective inspection and maintenance programme, and measures against tampering and misfuelling.

10. Emissions from in-use vehicles can be reduced through programmes such as fuel volatility controls, economic incentives to encourage the accelerated introduction of desirable technology, low-level oxygenated fuel blends, and retrofitting. Fuel volatility control is the single most effective measure that can be taken to reduce VOC emissions from in-use motor vehicles.

11. Technologies that incorporate catalytic converters require the use of unleaded fuel. Unleaded petrol should therefore be generally available.

12. Measures to reduce VOC and other emissions by the management of urban and long-distance traffic, though not elaborated in this annex, are important as an efficient additional approach to reducing VOC emissions. Key measures for traffic management aim at improving the modal split through tactical, structural, financial and restrictive elements.

13. VOC emission from uncontrolled motor vehicles contain significant levels of toxic compounds, some of which are known carcinogens. The application of VOC reduction technologies (tailpipe, evaporative, refuelling and crankcase) reduces these toxic emissions in generally the same proportion as the VOC reductions achieved. The level of toxic emissions can also be reduced by modifying certain fuel parameters (e.g., reducing benzene levels in petrol).

III. CONTROL TECHNOLOGIES FOR TAILPIPE EMISSIONS

(a) Petrol-fuelled passenger cars and light-duty trucks

14. The main technologies for controlling VOC emissions are listed in table 1.

15. The basis for comparison in table 1 is technology option B, representing non-catalytic technology designed in response to the requirements of the United States for 1973/1974 or of ECE regulation 15-04 pursuant to the 1958 Agreement concerning the Adoption of Uniform Conditions of Approval and Reciprocal Recognition of Approval for Motor Vehicles Equipment and Parts. The table also presents achievable emission levels for open- and closed-loop catalytic control as well as their cost implications.

16. The “uncontrolled” level (A) in table 1 refers to the 1970 situation in the ECE region, but may still prevail in certain areas.

17. The emission level in table 1 reflects emissions measured using standard test procedures. Emissions from vehicles on the road may differ significantly because of the effect, *inter alia*, of ambient temperature, operating conditions, fuel properties, and maintenance. However, the reduction potential indicated in table 1 is considered representative of reductions achievable in use.

18. The best currently available technology is option D. This technology achieves large reductions of VOC, CO and NO_x emissions.

19. In response to regulatory programme for further VOC emission reductions (e.g. in Canada and the United States), advanced closed-loop three-way catalytic converters are being developed (option E). These improvements will focus on more powerful engine-management controls, improved catalysts, on-board diagnostic systems (OBD) and other advances. These systems will become best available technology by the mid-1990s.

20. A special category are two-stroke engine cars which are used in parts of Europe; these cars currently have very high VOC emissions. Hydrocarbon emissions from two-stroke engines are typically between 45.0 and 75.0 grams per test, according to the European driving cycle. Attempts are under way to apply engine modifications and catalytic after-treatment to this type of engine. Data are needed on the reduction potentials and durability of these solutions. Furthermore, different two-stroke engine designs are currently being developed that have the potential for lower emissions.

Table 1

Tailpipe emission control technologies for petrol-fuelled passenger cars and light trucks

Technology option	Emission level (%)		Cost *) (\$US)
	4-stroke	2-stroke	
A. Uncontrolled situation	400	900	–
B. Engine modifications (engine design, carburetion and ignition systems, air injection)	100 (1.8 g/km)	–	**)
C. Open-loop catalyst	50	–	150–200
D. Closed-loop three-way catalyst	10–30	–	250–450 ***)
E. Advanced closed-loop three-way catalyst	6	–	350–600 ***)

*) Additional production-cost estimates per vehicle, relative to technology option B.

**) Costs for engine modifications from options A to B are estimated at \$US 40–100.

***) Under technology options D and E, CO and NO_x emissions are also substantially reduced, in addition to VOC reductions. Technology options B and C can also result in some CO and/or NO_x control.

(b) Diesel-fuelled passenger cars and trucks

21. Diesel-fuelled passenger cars and light-duty trucks have very low VOC emissions, generally lower than those resulting from closed-loop catalytic control on petrol-fuelled cars. However, their emissions of particulates and NO_x are higher.

22. No ECE country currently has rigorous tailpipe VOC control programmes for heavy-duty diesel-fuelled vehicles, because of their generally low VOC emission rates. However, many countries have diesel particulate control programmes, and the technology that is employed to control particulates (e.g., combustion chamber and injection system improvements) has the net end result of lowering VOC emissions as well.

23. Tailpipe VOC emission rates from heavy-duty diesel-fuelled vehicles are expected to be reduced by two thirds as the result of a vigorous particulate control programme.

24. VOC species emitted from diesel-fuelled engines are different from those emitted by petrol-fuelled engines.

(c) Motor cycles and mopeds

25. VOC emission control technologies for motor cycles are summarized in table 2. Current ECE regulations (R.40) can normally be met without requiring reduction technologies. The future standards of Austria and Switzerland may require oxidizing catalytic converters for two-stroke engines in particular.

26. For two-stroke mopeds with small oxidizing catalytic converters, a VOC-emission reduction of 90% is achievable, at additional production costs of \$US 30–50. In Austria and Switzerland, standards requiring this technology are already in force.

Table 2

Tailpipe emission control technologies and performance for motor cycles

Technology option	Emission level (%)		Cost *) (\$US)
	2-stroke	4-stroke	
A. Uncontrolled situation	400 (9.6 g/km)	100 (2 g/km)	–
B. Best non-catalyst	200	60	–
C. Oxidizing catalytic converter, secondary air	30–50	20	50
D. Closed-loop three-way catalytic converter	not applicable	10 **)	350

*) Additional production-cost estimates per vehicle.

**) Expected to be available by 1991 for a few specific motor cycle types (prototypes already constructed and tested).

IV. CONTROL TECHNOLOGIES FOR EVAPORATIVE AND REFUELLING EMISSIONS

27. **Evaporative emissions** consist of fuel vapour emitted from the engine and fuel system. They are divided into:

- (a) diurnal emissions, which result from the „breathing“ of the fuel tank as it is heated and cooled over the course of a day;
- (b) hot-soak emissions produced by the heat from the engine after it is shut down;
- (c) running losses from the fuel system while the vehicle is in operation; and
- (d) resting losses such as from open-bottom canisters (where used) and from some plastic fuel-system materials are reportedly subject to permeation losses, in which petrol slowly diffuses through the material.

28. The control technology typically used for evaporative emissions from petrol-fuelled vehicles includes a charcoal canister (and associated plumbing) and a purge system to burn the VOCs in a controlled manner in the engine.

29. Experience with existing evaporative-emission control programmes in the United States indicates that evaporative-emission control systems have not provided the degree of control desired, especially during severe ozone-prone days. This is partly because the volatility of in-use petrol is much higher than that of certification-test petrol. It is also due to an inadequate test procedure that resulted in inadequate control technology. The United States evaporative-emission control programme in the 1990s will emphasize reduced-volatility fuels for use in summer and an improved test procedure to encourage advanced evaporative control systems that will result in the in-use control of the four emission sources mentioned in Paragraph 27 above. For countries with high volatility petrol, the single most cost-effective measure to reduce VOC emissions is to reduce volatility of in-use petrol.

30. In general, effective evaporative-emission control requires the consideration of:

- (a) control of petrol volatility, adjusted to climatic conditions; and
- (b) an appropriate test procedure.

31. A list of control options, reduction potentials and cost estimates is given in table 3, with option B as the best available control technology at present. Option C will soon become best available technology and will represent a significant improvement over option B.

32. The fuel economy benefits associated with evaporative-emission controls are estimated at less than 2%. The benefits are due to the higher energy density, and low Reid-vapour-pressure (RVP) of fuel, and to the combustion rather than venting of captured vapours.

33. In principle, emissions that are released during refuelling of vehicles can be recovered by systems installed at petrol stations (Stage II) or by systems on board of vehicles. Controls at petrol stations are a well-established technology, while on-board systems have been demonstrated using several prototypes. The question of in-use safety of on-board vapour recovery systems is presently under study. It may be appropriate to develop safety performance standards in conjunction with on-board vapour

recovery systems to assure their safe design. Stage II controls can be implemented more quickly since service stations in a given area can be fitted with these controls. Stage II controls benefit all petrol-fuelled vehicles while on-board systems only benefit new vehicles.

34. While evaporative emissions from motor cycles and mopeds are at present uncontrolled in the ECE region, the same general control technologies as for petrol-fuelled cars can be applied.

Table 3

Evaporative-emission control measures and reduction potentials for petrol-fuelled passenger cars and light-duty trucks

Technology option	VOC reduction potential (%) ¹⁾	Cost (\$US) ²⁾
A. Small canister, lenient RVP ³⁾ limits, 1980s US Test Procedure	< 80	20
B. Small canister, stringent RVP limits, ⁴⁾ 1980s US Test Procedure	80–95	20
C. Advanced evaporative controls, stringent RVP limits, ⁴⁾ 1990s US Test Procedure ⁵⁾	> 95	33

¹⁾ Relative to uncontrolled situation.

²⁾ Additional production-cost estimates per vehicle.

³⁾ Reid vapor pressure.

⁴⁾ Based on United States data, assuming an RVP limit of 62 kPa during warm season at a cost of \$US 0.0038 per litre. Taking account of the fuel economy benefit associated with low RVP petrol, the adjust cost estimate is \$US 0.0012 per litre.

⁵⁾ United States Test Procedure in the 1990s will be designed for the more effective control of multiple diurnal emissions, running losses, operation under high ambient temperature, hot-soak conditions following extended operation, and resting losses.

Annex IV

CLASSIFICATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) BASED ON THEIR PHOTOCHEMICAL OZONE CREATION POTENTIAL (POCP)

1. This annex summarizes the information available and identifies the still existing elements to develop in order to guide the work to be carried out. It is based on information regarding hydrocarbons and ozone formation contained in two notes prepared for the Working Group on Volatile Organic Compounds (EB.AIR/WG.4/R.11 and R.13/Rev.1); on the results of further research carried out, in particular in Austria, Canada, Germany, Netherlands, Sweden, the United Kingdom, the United States of America and the EMEP Meteorological Synthesizing Centre-West (MSC-W); and on supplementary information provided by governmentally designated experts.

2. The final aim of the POCP approach is to provide guidance on regional and national control policies for volatile organic compounds (VOCs), taking into account the impact of each VOC species as well as sectoral VOC emissions in episodic ozone formation expressed in terms of the photochemical ozone creation potential (POCP), which is defined as the change in photochemical ozone production due to a change in emission of that particular VOC. POCP may be determined by photochemical model calculations or by laboratory experiments. It serves to illustrate different aspects of episodic oxidant formation; e.g. peak ozone or accumulated ozone production during an episode.

3. The POCP concept is being introduced, because there is a large variation between the importance of particular VOCs in the production of ozone during episodes. A fundamental feature of the concept is that, in the presence of sunlight and NO_x, each VOC produces ozone in a similar way despite large variations in the circumstances under which ozone is produced.

4. Different photochemical model calculations indicate that substantial reduction of VOCs and NO_x emissions are necessary (order of magnitude above 50% in order to achieve significant ozone reduction). Moreover the maximum concentrations of ozone near the ground are reduced in a less than proportional way when VOC emissions are reduced. This effect is shown in principle by theoretical scenario calculation. When all species are reduced by the same Proportion, maximum ozone values (above 75 ppb hourly average) in Europe are reduced depending on the existing ozone level by only 10–15% if the mass

of non-methane man-made VOC emissions is reduced by 50%. By contrast, if emissions of the most important (in terms of POCP and mass values or reactivity) non-methane man-made VOC species were reduced by 50% (by mass), the calculated result is a 20–30% reduction of peak episodic ozone concentration. This confirms the merits of a POCP approach to determine priorities for VOC emission control and clearly shows that VOCs may at least be divided into large categories, according to their importance in episodic ozone formation.

5. POCP values and reactivity scales have been calculated as estimates, each based on a particular scenario (e.g. emission increases and decreases, air mass trajectories) and targeted towards a particular objective (e.g. peak ozone concentration, integrated ozone, average ozone). POCP values and reactivity scales are dependent on chemical mechanisms. Clearly there are differences between the different estimates of POCPs, which in some cases can span more than a factor of four. The POCP numbers are not constant but vary in space and time. To give an example: the calculated POCP of ortho-xylene in the so-called „France-Sweden“ trajectory has a value of 41 on the first day and of 97 on the fifth day of the travelling time. According to calculations of the Meteorological Synthesizing Centre-West (MSC-W) of EMEP, the POCP of ortho-xylene for O₃ over 60 ppb, varies between 54 and 112 (5 to 95 percentiles) for the grids of the EMEP area. The variation of the POCP in time and space is not only caused by the VOC composition of the air parcel due to man-made emissions but is also a result of meteorological variations. The fact is that any reactive VOC can contribute to the episodic formation of photochemical oxidants to a higher or lower extent, depending on the concentrations of NO_x and VOC and meteorological parameters. Hydrocarbons with very low reactivity, like methane, methanol, ethane and some chlorinated hydrocarbons contribute in a negligible manner to this process. There are also differences as a result of meteorological variations between particular days and over Europe as a whole. POCP values are implicitly dependent on how emission inventories are calculated. Currently there is no consistent method or information available across Europe. Clearly, further work has to be done on the POCP approach.

6. Natural isoprene emissions from deciduous trees, together with nitrogen oxides (NO_x) mainly from man-made sources, can make a significant contribution to ozone formation in warm summer weather in areas with a large coverage of deciduous trees.

7. In table 1, VOC species are grouped according to their importance in the production of episodic peak ozone concentrations. Three groups have been selected. Importance in table 1 is expressed on the basis of VOC emission per unit mass. Some hydrocarbons, such as n-butane, become important because of their mass emission although they may not appear so according to their OH reactivity.

8. Tables 2 and 3 show the impacts of individual VOCs expressed as indices relative to the impact of a single species (ethylene) which is given an index of 100. They indicate how such indices, i.e. POCPs, may give guidance for assessing the impact of different VOC emission reductions.

9. Table 2 shows averaged POCPs for each major source category bases on a central POCP estimate for each VOC species in each source category. Emission inventories independently determined in the United Kingdom and Canada have been used in this compilation and presentation. For many sources, e.g. motor vehicles, combustion installations, and many industrial processes, mixtures of hydrocarbons are emitted. Measures to reduce specifically the VOC compounds identified in the POCP approach as very reactive are in most cases unavailable. In practice, most of the possible reduction measures will reduce emissions by mass irrespective of their POCPs.

10. Table 3 compares a number of different weighting schemes for a selected range of VOC species. In assigning priorities within a national VOC control programme, a number of indices may be used to focus on particular VOCs. The simplest but least effective approach is to focus on the relative mass emission, or relative ambient concentration.

Table 1

Classification of VOCs into three groups according to their importance in episodic ozone formation

More important

Alkenes

Aromatics

Alkanes

Aldehydes

Biogenics

> C6 alkanes except 2,3 dimethylpentane

All aldehydes except benzaldehyde

Isoprene

Less important

Alkanes	C3–C5 alkanes and 2,3 dimethylpentane
Ketones	Methyl ethyl ketone and methyl t-butyl ketone
Alcohols	Ethanol
Esters	All esters except methyl acetate

Least important

Alkanes	Methane and ethane
Alkynes	Acetylene
Aromatics	Benzene
Aldehydes	Benzaldehyde
Ketones	Acetone
Alcohols	Methanol
Esters	Methyl acetate
Chlorinated hydrocarbons	Methyl chloroform, Methylene chloride, Trichloroethylene and tetrachloroethylene

11. Relative weighting based on OH reactivity addresses some but by no means all of the important aspects of the atmospheric reactions which generate ozone in the presence of NO_x and sunlight. The SAPRC (Statewide Air Pollution Research Centre) weightings address the situation in California. Because of differences in the model conditions appropriate to the Los Angeles basin and Europe, major differences in the fates of photochemical, labile species, such as aldehyde, result. POCPs calculated with photochemical models in the Netherlands, United States of America, United Kingdom, Sweden and by EMEP (MSC-W) address different aspects of the ozone problem in Europe.

12. Some of the less-reactive solvents cause other problems, e.g. they are extremely harmful to human health, difficult to handle, persistent, can cause negative environmental effects at other levels (e.g. in the free troposphere or the stratosphere). In many cases the best available technology for reducing solvent emission is the application of non-solvent using systems.

13. Reliable VOC emission inventories are essential to the formulation of any cost-effective VOC control policies and in particular those based on the POCP approach. National VOC emissions should therefore be specified according to sectors, at least following guidelines specified by the Executive Body, and should as far as possible be complemented by data on species and time variations of emissions.

Table 2

Sectoral POCPs of the various emission sectors and the percentage by mass of VOCs in each ozone creation class

Sector	Sectoral POCP		Percentage mass in each ozone creation class			
	Canada	United Kingdom	More	Less	Least	Unknown
			Important			
Petrol-engined vehicle exhaust	63	61	76	16	7	1
Diesel vehicle exhaust	60	59	38	19	3	39
Petrol-engined vehicle evaporation	—	51	57	29	2	12
Other transport	63	—	—	—	—	—
Stationary combustion	—	54	34	24	24	18
Solvent usage	42	40	49	26	21	3
Surface coating	48	51	—	—	—	—
Industrial process emissions	45	32	4	41	0	55
Industrial chemicals	70	63	—	—	—	—
Petroleum refining and distribution	54	45	55	42	1	2

Sector	Sectoral POCP		Percentage mass in each ozone creation class			
	Canada	United Kingdom	More	Less	Least	Unknown
			Important			
Natural gas leakage	—	19	24	8	66	2
Agriculture	—	40	—	—	100	—
Coal mining	—	0	—	—	100	—
Domestic waste landfill	—	0	—	—	100	—
Dry cleaning	29	—	—	—	—	—
Wood combustion	55	—	—	—	—	—
Slash burn	58	—	—	—	—	—
Food industry	—	37	—	—	—	—

Table 3

Comparison between weighting schemes (expressed relative to ethylene = 100) for 85 VOC species

VOC	OH Scale	Canada by mass	SAPRC MIR	United Kingdom		Sweden		EMEP	LOTOS
				POCP	range	max. diff.	0–4 Tage		
				[d]	[e]	[f]	[g]		
Methane	0.1	–	0	0.7	0– 3	–	–	–	–
Ethane	3.2	91.2	2.7	8.2	2– 30	17.3	12.6	5– 24	6– 25
Propane	9.3	100	6.2	42.1	16–124	60.4	50.3	–	–
n-Butane	15.3	212	11.7	41.4	15–115	55.4	46.7	22– 85	25– 87
i-Butane	14.2	103	15.7	31.5	19– 59	33.1	41.1	–	–
n-Pentane	19.4	109	12.1	40.8	9–105	61.2	29.8	–	–
i-Pentane	18.8	210	16.2	29.6	12– 68	36.0	31.4	–	–
n-Hexane	22.5	71	11.5	42.1	10–151	78.4	45.2	–	–
2-Methylpentane	22.2	100	17.0	52.4	19–140	71.2	52.9	–	–
3-Methylpentane	22.6	47	17.7	43.1	11–125	64.7	40.9	–	–
2,2-Dimethylbutane	10.5	–	7.5	25.1	12– 49	–	–	–	–
2,3-Dimethylbutane	25.0	–	13.8	38.4	25– 65	–	–	–	–
n-Heptane	25.3	41	9.4	52.9	13–165	79.1	51.8	–	–
2-Methylhexane	18.4	21	17.0	49.2	11–159	–	–	–	–
3-Methylhexane	18.4	24	16.0	49.2	11–157	–	–	–	–
n-Octane	26.6	–	7.4	49.3	12–151	69.8	46.1	–	–
2-Methylheptane	26.6	–	16.0	46.9	12–146	69.1	45.7	–	–
n-Nonane	27.4	–	6.2	46.9	10–148	63.3	35.1	–	–
2-Methyloctane	27.3	–	13.2	50.5	12–147	66.9	45.4	–	–
n-Decane	27.6	–	5.3	46.4	8–156	71.9	42.2	–	–
2-Methylnonane	27.9	–	11.7	44.8	8–153	71.9	42.3	–	–
n-Undecane	29.6	21	4.7	43.6	8–144	66.2	38.6	–	–
n-Dodecane	28.4	–	4.3	41.2	7–138	57.6	31.1	–	–
Methylcyclohexane	35.7	18	22.3	–	–	40.3	38.6	–	–
Methylene chloride	–	–	–	1	0– 3	0	0	–	–
Chloroform	–	–	–	–	–	0.7	0.4	–	–
Methyl chloroform	–	–	–	0.1	0– 1	0.2	0.2	–	–
Trichlorethylene	–	–	–	6.6	1– 13	8.6	11.1	–	–
Tetrachlorethylene	–	–	–	0.5	0– 2	1.4	1.4	–	–
Allyl chloride	–	–	–	–	–	56.1	48.3	–	–
Methanol	10.9	–	7	12.3	9– 21	16.5	21.3	–	–
Ethanol	25.5	–	15	26.8	4– 89	44.6	22.5	9– 58	20– 71
i-Propanol	30.6	–	7	–	–	17.3	20.3	–	–

VOC	OH Scale [a]	Canada by mass [b]	SAPRC MIR [c]	United Kingdom		Sweden		EMEP [h]	LOTOS [i]
				POCP [d]	range [e]	max. diff. [f]	0–4 Tage [g]		
Butanol	38.9	–	30	–	–	65.5	21.4	–	–
i-Butanol	45.4	–	14	–	–	38.8	25.5	–	–
Ethylene glycol	41.4	–	21	–	–	–	–	–	–
Propylene glycol	55.2	–	18	–	–	–	–	–	–
But-2-diol	–	–	–	–	–	28.8	6.6	–	–
Dimethyl ether	22.3	–	11	–	–	28.8	34.3	–	–
Methyl-t-butyl ether	11.1	–	8	–	–	–	–	–	–
Ethyl-t-butyl ether	25.2	–	26	–	–	–	–	–	–
Acetone	1.4	–	7	17.8	10– 27	17.3	12.4	–	–
Methyl ethyl ketone	5.5	–	14	47.3	17– 80	38.8	17.8	–	–
Methyl-i-butyl ketone	–	–	–	–	–	67.6	31.8	–	–
Methyl acetate	–	–	–	2.5	0– 7	5.8	6.7	–	–
Ethyl acetate	–	–	–	21.8	11– 56	29.5	29.4	–	–
i-Propyl acetate	–	–	–	21.5	14– 36	–	–	–	–
n-Butyl acetate	–	–	–	32.3	14– 91	43.9	32.0	–	–
i-Butyl acetate	–	–	–	33.2	21– 59	28.8	35.3	–	–
Propylene glycol methyl Ether	–	–	–	–	–	77.0	49.1	–	–
Propylene glycol me- thyl Ether acetate	–	–	–	–	–	30.9	15.7	–	–
Ethylene	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Propylene	217	44	125	103	75–163	73.4	59.9	69–138	55–120
1-Butene	194	32	115	95.9	57–185	79.9	49.5	–	–
2-Butene	371	–	136	99.2	82–157	78.4	43.6	–	–
1-Pentene	148	–	79	105.9	40–288	72.7	42.4	–	–
2-Pentene	327	–	79	93.0	65–160	77.0	38.1	–	–
2-Methyl-1-butene	300	–	70	77.7	52–113	69.1	18.1	–	–
2-Methyl-2-butene	431	24	93	77.9	61–102	93.5	45.3	–	–
3-Methyl-1-butene	158	–	79	89.5	60–154	–	–	–	–
Isobutene	318	50	77	64.3	58– 76	79.1	58.0	–	–
Isoprene	515	–	121	–	–	53.2	58.3	–	–
Acetylene	10.4	82	6.8	16.8	10– 42	27.3	36.8	–	–
Benzene	5.7	71	5.3	18.9	11– 45	31.7	40.2	–	–
Toluene	23.4	218	34	56.3	41– 83	44.6	47.0	–	–
o-Xylene	48.3	38	87	66.6	41– 97	42.4	16.7	54–112	26– 67
m-Xylene	80.2	53	109	99.3	78–135	58.3	47.4	–	–
p-Xylene	49.7	53	89	88.8	63–180	61.2	47.2	–	–
Ethylbenzene	25	32	36	59.3	35–114	53.2	50.4	–	–
1,2,3-Trimethyl- benzene	89	–	119	117	76–175	69.8	29.2	–	–
1,2,4-Trimethyl- benzene	107	44	119	120	86–176	68.3	33.0	–	–
1,3,5-Trimethyl- benzene	159	–	140	115	74–174	69.1	33.0	–	–
o-Ethyltoluene	35	–	96	66.8	31–130	59.7	40.8	–	–
m-Ethyltoluene	50	–	96	79.4	41–140	62.6	40.1	–	–
p-Ethyltoluene	33	–	96	72.5	36–135	62.6	44.3	–	–
n-Propylbenzene	17	–	28	49.2	25–110	51.1	45.4	–	–
i-Propylbenzene	18	–	30	56.5	35–105	51.1	52.3	–	–
Formaldehyde	104	–	117	42.1	22– 58	42.4	26.1	–	–
Acetaldehyde	128	–	72	52.7	33–122	53.2	18.6	–	–

VOC	OH Scale [a]	Canada by mass [b]	SAPRC MIR [c]	United Kingdom		Sweden		EMEP [h]	LOTOS [i]
				POCP [d]	range [e]	max. diff. [f]	0–4 Tage [g]		
Propionaldehyde	117	–	87	60.3	28–160	65.5	17.0	–	–
Butyraldehyde	124	–	–	56.8	16–160	64.0	17.1	–	–
i-Butyraldehyde	144	–	–	63.1	38–128	58.3	30.0	–	–
Valeraldehyde	112	–	–	68.6	0–268	61.2	32.1	–	–
Acrolein	–	–	–	–	–	120.1	82.3	–	–
Benzaldehyde	43	–	–10	–33.4	–82– (–12)	–	–	–	–

[a] OH+VOC rate coefficient divided by molecular weight.

[b] Ambient VOC concentrations at 18 sites in Canada expressed on mass basics.

[c] Maximum Incremental Reactivity (MIR) based on California scenarios; Statewide Air Pollution Research Centre, Los Angeles, USA.

[d] Average POCP based on three scenarios and 9 days; FRG–Ireland, France–Sweden and UK.

[e] Range of POCPs based on three scenarios and 11 days.

[f] POCPs calculated for a single source in Sweden producing maximum ozone difference.

[g] POCPs calculated for a single source in Sweden using average difference in ozone over 4 days.

[h] Range (5th–95th percentile) of POCPs calculated over EMEP grid.

[i] Range (20th–80th percentile) of POCPs calculated over LOTOS grid.

$$\text{POCP} = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} \times 100$$

where (a) – Change in photochemical oxidant formation due to a change in a VOC emission

(b) – Integrated VOC emission up to that time

(c) – Change in photochemical oxidant formation due to a change in ethylene emissions

(d) – Integrated ethylene emission up to that time

It is a quantity derived from a photochemical ozone model by following the photochemical ozone production with and without the presence of an individual hydrocarbon. The difference in ozone concentrations between such pairs of model calculations is a measure of the contribution that VOC makes in ozone formation.

(Übersetzung)

**PROTOKOLL ZU DEM ÜBEREINKOMMEN VON 1979 ÜBER WEITRÄUMIGE
GRENZÜBERSCHREITENDE LUFTVERUNREINIGUNG BETREFFEND DIE
BEKÄMPFUNG VON EMISSIONEN FLÜCHTIGER ORGANISCHER VERBINDUNGEN
ODER IHRES GRENZÜBERSCHREITENDEN FLUSSES**

DIE VERTRAGSPARTEIEN

ENTSCHLOSSEN, das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung durchzuführen,

BESORGT darüber, daß die derzeitigen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOCs) und die daraus entstehenden sekundären photochemischen Oxidantien in exponierten Teilen Europas und Nordamerikas Schäden an Naturschätzen von lebenswichtiger Bedeutung für Umwelt und Wirtschaft verursachen und unter bestimmten Expositionsbedingungen schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben,

IN ANBETRACHT DESSEN, daß auf Grund des am 31. Oktober 1988 in Sofia angenommenen Protokolls betreffend die Bekämpfung von Emissionen von Stickstoffoxiden oder ihres grenzüberschreitenden Flusses ¹⁾ bereits Einvernehmen über die Verringerung der Emissionen von Stickstoffoxiden besteht,

IN DER ERKENNTNIS, daß flüchtige organische Verbindungen und Stickstoffoxide zur Bildung troposphärischen Ozons beitragen,

¹⁾ Kundgemacht in BGBI. Nr. 273/1991

SOWIE IN DER ERKENNTNIS, daß flüchtige organische Verbindungen, Stickstoffoxide und das daraus entstehende Ozon über internationale Grenzen hinweg transportiert werden und so die Luftqualität in benachbarten Staaten beeinträchtigen,

IN DEM BEWUSSTSEIN, daß es auf Grund des Ablaufs der Bildung photochemischer Oxidantien erforderlich ist, die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen zu verringern, um das Auftreten photochemischer Oxidantien zu vermindern,

SOWIE IN DEM BEWUSSTSEIN, daß durch menschliche Tätigkeiten emittiertes Methan und Kohlenmonoxid in der Luft über der ECE-Region in Hintergrundkonzentrationen vorhanden sind und zur Bildung episodischer Ozonspitzenwerte beitragen, daß außerdem ihre weltweit ablaufende Oxidation in Gegenwart von Stickstoffoxiden zur Bildung troposphärischen Ozons in Hintergrundkonzentrationen beiträgt, die von photochemischen Episoden überlagert werden, und daß Methan voraussichtlich Gegenstand von Bekämpfungsmaßnahmen in anderen Gremien werden wird,

EINGEDENK DESSEN, daß das Exekutivorgan für das Übereinkommen auf seiner sechsten Tagung die Notwendigkeit anerkannt hat, Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder ihren grenzüberschreitenden Fluß und das Auftreten photochemischer Oxidantien zu bekämpfen, sowie die Notwendigkeit, daß Vertragsparteien, welche diese Emissionen bereits verringert haben, ihre Emissionsgrenzwerte für flüchtige organische Verbindungen beibehalten und überprüfen,

EINGEDENK der von einigen Vertragsparteien bereits ergriffenen Maßnahmen, die eine Verringerung ihrer jährlichen nationalen Emissionen von Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen bewirkt haben,

IN ANBETRACHT dessen, daß einige Vertragsparteien Luftqualitätsgrenzwerte und/oder -ziele für troposphärisches Ozon festgelegt haben und daß die Weltgesundheitsorganisation und andere zuständige Gremien Grenzwerte für Konzentrationen troposphärischen Ozons festgelegt haben,

ENTSCHLOSSEN, wirksame Maßnahmen zur Bekämpfung und Verringerung der jährlichen nationalen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder des grenzüberschreitenden Flusses flüchtiger organischer Verbindungen und der daraus entstehenden sekundären photochemischen Oxidantien zu ergreifen, insbesondere durch die Anwendung geeigneter nationaler oder internationaler Emissionsgrenzwerte für neue bewegliche und neue ortsfeste Quellen und die Nachrüstung bestehender größerer ortsfester Quellen sowie durch die Begrenzung der Bestandteile, die flüchtige organische Verbindungen emittieren können, in Produkten für den industriellen oder häuslichen Gebrauch,

IN DEM BEWUSSTSEIN, daß sich flüchtige organische Verbindungen in ihrer Reaktivität und in ihrem Potential, troposphärisches Ozon und andere photochemische Oxidantien zu bilden, stark unterscheiden und daß dieses Potential bei jeder einzelnen Verbindung je nach den meteorologischen Bedingungen und anderen Faktoren von einem Zeitpunkt zum anderen und von einem Ort zum anderen schwanken kann,

IN DER ERKENNTNIS, daß solche Unterschiede und Schwankungen berücksichtigt werden müssen, damit die Maßnahmen zur Bekämpfung und Verringerung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen und ihres grenzüberschreitenden Flusses so wirksam wie möglich sind und dazu führen, die Bildung troposphärischen Ozons und anderer photochemischer Oxidantien auf ein Mindestmaß zu beschränken,

UNTER BERÜCKSICHTIGUNG vorhandener wissenschaftlicher und technischer Daten über Emissionen, Luftbewegungen und Auswirkungen flüchtiger organischer Verbindungen und photochemischer Oxidantien auf die Umwelt sowie Daten über Technologien zur Bekämpfung von Emissionen,

IN DER ERKENNTNIS, daß sich die wissenschaftlichen und technischen Kenntnisse über diese Fragen weiterentwickeln und daß diese Entwicklung bei der Überprüfung der Anwendung dieses Protokolls und bei der Entscheidung über weitere Maßnahmen zu berücksichtigen ist,

IN DER ERKENNTNIS, daß die Ausarbeitung eines auf kritischen Werten beruhenden Lösungsansatzes die Erstellung einer wirkungsorientierten wissenschaftlichen Grundlage zum Ziel hat, die bei der Überprüfung der Anwendung dieses Protokolls und bei der Entscheidung über weitere international vereinbarte Maßnahmen zur Begrenzung und Verringerung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder des grenzüberschreitenden Flusses flüchtiger organischer Verbindungen und photochemischer Oxidantien zu berücksichtigen ist,

SIND WIE FOLGT ÜBEREINGEKOMMEN:

Artikel 1 **Begriffsbestimmungen**

Im Sinne dieses Protokolls

1. bedeutet „Übereinkommen“ das am 13. November 1979 in Genf angenommene Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung ¹⁾;
2. bedeutet „EMEP“ das Programm über die Zusammenarbeit bei der Messung und Bewertung der weiträumigen Übertragung von luftverunreinigenden Stoffen in Europa;
3. bedeutet „Exekutivorgan“ das nach Artikel 10 Absatz 1 des Übereinkommens gebildete Exekutivorgan für das Übereinkommen;
4. bedeutet „geographischer Anwendungsbereich des EMEP“ das in Artikel 1 Absatz 4 des am 28. September 1984 in Genf angenommenen Protokolls zum Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend die langfristige Finanzierung des Programms über die Zusammenarbeit bei der Messung und Bewertung der weiträumigen Übertragung von luftverunreinigenden Stoffen in Europa (EMEP) ²⁾ definierte Gebiet;
5. bedeutet „Gebiet, in dem Maßnahmen zur Verminderung der troposphärischen Ozonkonzentrationen durchgeführt werden (Troposphäre Ozone Management Area [TOMA])“ ein in Anhang I unter den in Artikel 2 Absatz 2 Buchstabe b aufgestellten Bedingungen festgelegtes Gebiet;
6. bedeutet „Vertragsparteien“ die Vertragsparteien dieses Protokolls, soweit der Zusammenhang nichts anderes erfordert;
7. bedeutet „Kommission“ die Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa;
8. bedeutet „kritische Werte“ in der Atmosphäre während einer bestimmten Expositionszeit auftretende Konzentrationen luftverunreinigender Stoffe, unterhalb deren nach dem heutigen Wissensstand keine unmittelbaren schädlichen Auswirkungen auf Rezeptoren wie Menschen, Pflanzen, Ökosysteme oder Material auftreten;
9. bedeutet „flüchtige organische Verbindungen“ oder „VOCs“, sofern nichts anderes festgelegt ist, alle organischen Verbindungen anthropogener Art – außer Methan –, die in der Lage sind, durch Reaktionen mit Stickstoffoxiden in Gegenwart von Sonnenlicht photochemische Oxidantien zu erzeugen;
10. bedeutet „größere Kategorie von Quellen“ jede Kategorie von Quellen, die luftverunreinigende Stoffe in Form flüchtiger organischer Verbindungen emittieren, einschließlich der in den Anhängen II und III beschriebenen Kategorien, und die mindestens 1 vH zu den gesamten jährlichen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen des Landes beitragen, gemessen oder berechnet im ersten Kalenderjahr, das auf den Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls folgt, und danach alle vier Jahre;
11. bedeutet „neue ortsfeste Quelle“ jede ortsfeste Quelle, mit deren Bau oder mit deren wesentlicher Veränderung nach Ablauf von zwei Jahren nach dem Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls begonnen wird;
12. bedeutet „neue bewegliche Quelle“ jedes Straßenkraftfahrzeug, das nach Ablauf von zwei Jahren nach dem Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls hergestellt wird;
13. bedeutet „photochemisches Ozonbildungspotential“ (POCP) das Potential einer einzelnen flüchtigen organischen Verbindung, bezogen auf das anderer flüchtiger organischer Verbindungen, durch Reaktion mit Stickstoffoxiden in Gegenwart von Sonnenlicht Ozon zu bilden, wie in Anhang IV beschrieben.

Artikel 2 **Grundlegende Verpflichtungen**

(1) Die Vertragsparteien begrenzen und verringern ihre Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, um den grenzüberschreitenden Fluß dieser flüchtigen organischen Verbindungen und den Fluß der aus diesen entstehenden sekundären photochemischen Oxidantien zu verringern mit dem Ziel, die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor schädlichen Auswirkungen zu schützen.

(2) Um den Anforderungen des Absatzes 1 zu entsprechen, begrenzt und verringert jede Vertragspartei ihre jährlichen nationalen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder ihren grenzüberschreitenden Fluß auf eine der folgenden Arten, die bei der Unterzeichnung anzugeben ist:

- a) Sie ergreift so bald wie möglich als ersten Schritt wirksame Maßnahmen, um ihre jährlichen nationalen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bis 1999 um mindestens 30 vH zu

¹⁾ Kundgemacht in BGBI. Nr. 158/1983

²⁾ Kundgemacht in BGBI. Nr. 41/1988

verringern, wobei sie das Niveau von 1988 oder das eines anderen Jahres in dem Zeitraum von 1984 bis 1990 zugrunde legt, das sie bei der Unterzeichnung dieses Protokolls oder dem Beitritt zum Protokoll angeben kann, oder

- b) in den Fällen, in denen ihre jährlichen Emissionen zu troposphärischen Ozonkonzentrationen in Gebieten unter der Hoheitsgewalt einer oder mehrerer anderer Vertragsparteien beitragen und diese Emissionen ausschließlich aus Gebieten unter ihrer Hoheitsgewalt stammen, die in Anhang I als Gebiete, in denen Maßnahmen zur Verminderung der troposphärischen Ozonkonzentrationen durchgeführt werden, festgelegt sind, ergreift sie so bald wie möglich als ersten Schritt wirksame Maßnahmen,
 - i) um ihre jährlichen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus den so bestimmten Gebieten bis zum Jahr 1999 um mindestens 30 vH zu verringern, wobei sie das Niveau von 1988 oder das eines anderen Jahres in dem Zeitraum von 1984 bis 1990 zugrunde legt, das sie bei der Unterzeichnung dieses Protokolls oder dem Beitritt zum Protokoll angeben kann, und
 - ii) um sicherzustellen, daß die gesamten jährlichen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen des Landes bis 1999 das Niveau von 1988 nicht überschreiten, oder
- c) in den Fällen, in denen ihre jährlichen nationalen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen 1988 geringer waren als 500 000 Tonnen und 20 kg/Einwohner und 5 Tonnen/km, ergreift sie so bald wie möglich als ersten Schritt wirksame Maßnahmen, um mindestens sicherzustellen, daß ihre jährlichen nationalen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen spätestens 1999 das Niveau von 1988 nicht überschreiten.

(3) a) Außerdem wird jede Vertragspartei spätestens zwei Jahre nach dem Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls

- i) geeignete nationale oder internationale Emissionsgrenzwerte auf neue ortsfeste Quellen anwenden, und zwar auf der Grundlage der besten verfügbaren Technologien, die wirtschaftlich vertretbar sind, unter Berücksichtigung des Anhangs II;
 - ii) nationale oder internationale Maßnahmen auf Produkte anwenden, die Lösungsmittel enthalten, und die Verwendung von Produkten fördern, die arm an oder frei von flüchtigen organischen Verbindungen sind, unter Berücksichtigung des Anhangs II, einschließlich der Kennzeichnung der Produkte unter Angabe ihres Gehalts an flüchtigen organischen Verbindungen;
 - iii) geeignete nationale oder internationale Emissionsgrenzwerte auf neue bewegliche Quellen anwenden, und zwar auf der Grundlage der besten verfügbaren Technologien, die wirtschaftlich vertretbar sind, unter Berücksichtigung des Anhangs III, und
 - iv) die Beteiligung der Öffentlichkeit an den Emissionsbekämpfungsprogrammen durch öffentliche Bekanntmachungen verstärken und dabei die beste Nutzung der verschiedenen Verkehrsarten sowie verkehrslenkende und -planende Maßnahmen fördern.
- b) In den Gebieten, in denen die nationalen oder internationalen Grenzwerte für troposphärisches Ozon überschritten werden oder aus denen grenzüberschreitende Flüsse kommen oder voraussichtlich kommen werden, wird jede Vertragspartei außerdem spätestens fünf Jahre nach dem Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls
- i) die besten verfügbaren Technologien, die wirtschaftlich vertretbar sind, auf bestehende ortsfeste Quellen in größeren Kategorien von Quellen anwenden, unter Berücksichtigung des Anhangs II;
 - ii) technische Verfahren zur Verringerung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei Benzinverteilungs- und Betankungsvorgängen und zur Verringerung der Flüchtigkeit des Benzins anwenden, unter Berücksichtigung der Anhänge II und III.

(4) Die Vertragsparteien werden aufgefordert, bei der Erfüllung ihrer Verpflichtungen aus diesem Artikel der Verringerung und Begrenzung von Emissionen von Stoffen mit dem größten photochemischen Ozonbildungspotential unter Berücksichtigung der in Anhang IV enthaltenen Informationen höchsten Vorrang einzuräumen.

(5) Die Vertragsparteien unternehmen geeignete Schritte, um bei der Durchführung dieses Protokolls und insbesondere bei allen Maßnahmen zum Ersatz bestimmter Produkte durch andere sicherzustellen, daß einzelne flüchtige organische Verbindungen nicht durch andere ersetzt werden, die toxisch oder karzinogen sind oder die stratosphärische Ozonschicht schädigen.

(6) Als zweiten Schritt nehmen die Vertragsparteien spätestens sechs Monate nach dem Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls Verhandlungen über weitere Schritte zur Verringerung der jährlichen

nationalen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder des grenzüberschreitenden Flusses solcher Emissionen und der daraus entstehenden sekundären photochemischen Oxidantien auf, wobei die besten verfügbaren wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen, wissenschaftlich bestimmte kritische Werte und international anerkannte Zielwerte, die Rolle der Stickstoffoxide bei der Bildung photochemischer Oxidantien und andere Faktoren zu berücksichtigen sind, die sich aus dem nach Artikel 5 durchgeführten Arbeitsprogramm ergeben.

(7) Zu diesem Zweck arbeiten die Vertragsparteien zusammen, um

- a) genauere Informationen über die einzelnen flüchtigen organischen Verbindungen und ihr photochemisches Ozonbildungspotential zu gewinnen;
- b) kritische Werte für photochemische Oxidantien zu bestimmen;
- c) die Verringerungen der jährlichen nationalen Emissionen oder des grenzüberschreitenden Flusses flüchtiger organischer Verbindungen und der daraus entstehenden sekundären photochemischen Oxidantien zu bestimmen, insbesondere soweit sie erforderlich sind, um auf kritischen Werten beruhende vereinbarte Ziele zu erreichen;
- d) Bekämpfungsstrategien, wie zum Beispiel ökonomische Instrumente, zu entwickeln, um bei der Erreichung der vereinbarten Ziele insgesamt Kostenwirksamkeit sicherzustellen;
- e) zur Erreichung dieser Verringerungen Maßnahmen und einen Zeitplan zu bestimmen, der spätestens am 1. Januar 2000 beginnt.

(8) Im Verlauf dieser Verhandlungen prüfen die Vertragsparteien, ob es für die in Absatz 1 genannten Zwecke angebracht wäre, diese weiteren Schritte durch Maßnahmen zur Verringerung der Methanemissionen zu ergänzen.

Artikel 3

Weitere Maßnahmen

(1) Die in diesem Protokoll geforderten Maßnahmen entbinden die Vertragsparteien nicht von ihren sonstigen Verpflichtungen, Maßnahmen zur Verringerung der gesamten gasförmigen Emissionen zu ergreifen, die wesentlich zu Klimaveränderungen, zur Bildung troposphärischen Hintergrundozons oder zum Abbau stratosphärischen Ozons beitragen oder die toxisch oder karzinogen sind.

(2) Die Vertragsparteien können strengere als die in diesem Protokoll geforderten Maßnahmen ergreifen.

(3) Die Vertragsparteien richten einen Mechanismus zur Überwachung der Einhaltung dieses Protokolls ein. Als ersten Schritt auf der Grundlage der nach Artikel 8 zur Verfügung gestellten Informationen oder anderer Informationen kann jede Vertragspartei, die Grund zu der Annahme hat, daß eine andere Vertragspartei in einer Weise handelt oder gehandelt hat, die mit ihren Verpflichtungen aus diesem Protokoll nicht vereinbar ist, das Exekutivorgan und gleichzeitig die betroffenen Vertragsparteien davon unterrichten. Auf Ersuchen einer Vertragspartei kann die Angelegenheit auf der nächsten Sitzung des Exekutivorgans behandelt werden.

Artikel 4

Technologieaustausch

(1) Die Vertragsparteien erleichtern in Übereinstimmung mit ihren innerstaatlichen Gesetzen, sonstigen Vorschriften und Gepflogenheiten den Austausch von Technologien zur Verringerung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, insbesondere durch die Förderung

- a) des kommerziellen Austausches verfügbarer Technologien;
- b) direkter Kontakte und Zusammenarbeit der Industrien, einschließlich Gemeinschaftsunternehmen;
- c) des Austausches von Informationen und Erfahrungen und
- d) der Gewährung technischer Unterstützung.

(2) Bei der Förderung der in Absatz 1 bezeichneten Tätigkeiten schaffen die Vertragsparteien günstige Voraussetzungen, indem sie Kontakte und Zusammenarbeit zwischen geeigneten Organisationen und Personen des privaten und öffentlichen Sektors erleichtern, die Technologien, Planungs- und Konstruktionsdienste, Ausrüstung oder Finanzierung zur Verfügung stellen können.

(3) Die Vertragsparteien beginnen spätestens sechs Monate nach dem Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls mit der Prüfung von Verfahren zur Schaffung günstigerer Voraussetzungen für den Austausch von Technologien zur Verringerung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen.

Artikel 5

Durchzuführende Forschungs- und Überwachungsaufgaben

Die Vertragsparteien räumen solchen Forschungs- und Überwachungsaufgaben besonderen Vorrang ein, die mit der Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Erreichung nationaler oder internationaler Grenzwerte für troposphärisches Ozon oder anderer Ziele zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt in Zusammenhang stehen. Die Vertragsparteien bemühen sich insbesondere durch nationale oder internationale Forschungsprogramme, innerhalb des Arbeitsplans des Exekutivorgans und durch andere Programme der Zusammenarbeit im Rahmen des Übereinkommens

- a) die Auswirkungen sowohl anthropogener als auch biologener Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen und photochemischer Oxidantien auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt und Materialien festzustellen und zu quantifizieren;
- b) die geographische Verteilung empfindlicher Gebiete zu ermitteln;
- c) Überwachungssysteme und Modellrechnungen für Emissionen und Luftqualität, einschließlich Methoden zur Berechnung von Emissionen, zu entwickeln, wobei die verschiedenen Arten anthropogener und biogener flüchtiger organischer Verbindungen und ihre Reaktivität soweit wie möglich berücksichtigt werden, um den weiträumigen Transport anthropogener und biogener flüchtiger organischer Verbindungen und ähnlicher luftverunreinigender Stoffe, die bei der Bildung photochemischer Oxidantien eine Rolle spielen, zu quantifizieren;
- d) Leistungs- und Kostenschätzungen von Technologien zur Bekämpfung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen zu verfeinern und die Entwicklung verbesserter und neuer Technologien aufzuzeichnen;
- e) im Rahmen eines auf kritischen Werten beruhenden Lösungsansatzes Methoden zur Zusammenführung wissenschaftlicher, technischer und wirtschaftlicher Daten zu entwickeln, um geeignete rationelle Strategien zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen zu bestimmen und bei der Erreichung der vereinbarten Ziele insgesamt Kostenwirksamkeit sicherzustellen;
- f) die Genauigkeit der Emissionskataster für anthropogene und biogene flüchtige organische Verbindungen zu verbessern und die entsprechenden Berechnungs- oder Schätzungsmethoden zu harmonisieren;
- g) ihr Verständnis für die bei der Bildung photochemischer Oxidantien ablaufenden chemischen Prozesse zu verbessern;
- h) mögliche Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen von Methan zu bestimmen.

Artikel 6

Überprüfungsverfahren

(1) Die Vertragsparteien überprüfen dieses Protokoll in regelmäßigen Abständen und tragen dabei den besten verfügbaren wissenschaftlichen Grundlagen und technischen Entwicklungen Rechnung.

(2) Die erste Überprüfung erfolgt spätestens ein Jahr nach dem Tag des Inkrafttretens dieses Protokolls.

Artikel 7

Nationale Programme, Politiken und Strategien

Die Vertragsparteien stellen zur Erfüllung der Verpflichtungen aus diesem Protokoll unverzüglich nationale Programme, Politiken und Strategien auf, die als Mittel dazu dienen, die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder ihren grenzüberschreitenden Fluß zu begrenzen und zu verringern.

Artikel 8

Informationsaustausch und jährliche Berichterstattung

(1) Die Vertragsparteien tauschen Informationen aus, indem sie dem Exekutivorgan die nationalen Programme, Politiken und Strategien mitteilen, die sie nach Artikel 7 aufstellen, und ihm über die Fortschritte im Rahmen dieser Programme, Politiken und Strategien sowie über Änderungen derselben berichten. Im ersten Jahr nach Inkrafttreten dieses Protokolls berichtet jede Vertragspartei über das Niveau der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen in ihrem Hoheitsgebiet und in jedem in ihrem Hoheitsgebiet gelegenen Gebiet, in dem Maßnahmen zur Verminderung der troposphärischen Ozonkonzentrationen durchgeführt werden, insgesamt und soweit möglich nach Herkunftssektoren und den einzelnen flüchtigen organischen Verbindungen entsprechend den vom Exekutivorgan festzulegenden

den Richtlinien für das Jahr 1988 oder für ein anderes für die Zwecke des Artikels 2 Absatz 2 zugrunde gelegtes Jahr sowie über die Grundlage, auf der diese Niveaus berechnet worden sind.

(2) Außerdem berichtet jede Vertragspartei jährlich

- a) über die in Absatz 1 genannten Punkte für das vorausgehende Kalenderjahr und über jede sich als notwendig erweisende Überarbeitung der bereits für frühere Jahre erstatteten Berichte;
- b) über Fortschritte bei der Anwendung nationaler oder internationaler Emissionsgrenzwerte und der in Artikel 2 Absatz 3 vorgeschriebenen Emissionsbekämpfungstechniken;
- c) über die zur Erleichterung des Technologieaustausches ergriffenen Maßnahmen.

(3) Ferner übermitteln Vertragsparteien innerhalb des geographischen Anwendungsbereichs des EMEP in vom Exekutivorgan zu bestimmenden Zeitabständen Informationen über Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, aufgeschlüsselt nach Herkunftssektoren, mit einer vom Exekutivorgan zu bestimmenden räumlichen Auflösung, die sich für die modellhafte Darstellung der Bildung und des Transports sekundärer photochemischer Oxidantien eignen.

(4) Diese Informationen werden nach Möglichkeit entsprechend einem einheitlichen Berichtssystem übermittelt.

Artikel 9

Berechnungen

Das EMEP stellt für die jährlichen Sitzungen des Exekutivorgans einschlägige Informationen über den weiträumigen Transport von Ozon in Europa zur Verfügung, wobei geeignete Modelle und Messungen verwendet werden. In Gebieten außerhalb des geographischen Anwendungsbereichs des EMEP werden Modelle verwendet, die im Hinblick auf die besonderen Verhältnisse der dort gelegenen Vertragsparteien geeignet sind.

Artikel 10

Anhänge

Die Anhänge zu diesem Protokoll sind Bestandteil des Protokolls. Anhang 1 ist verbindlich, die Anhänge II, III und IV haben Empfehlungscharakter.

Artikel 11

Änderungen des Protokolls

(1) jede Vertragspartei kann Änderungen dieses Protokolls vorschlagen.

(2) Die vorgeschlagenen Änderungen werden dem Exekutivsekretär der Kommission schriftlich unterbreitet; dieser übermittelt sie allen Vertragsparteien. Das Exekutivorgan erörtert die vorgeschlagenen Änderungen auf seiner nächsten jährlichen Sitzung, sofern die Vorschläge den Vertragsparteien vom Exekutivsekretär mindestens neunzig Tage vorher mitgeteilt worden sind.

(3) Änderungen des Protokolls, ausgenommen Änderungen der Anhänge, werden von den auf einer Sitzung des Exekutivorgans vertretenen Vertragsparteien durch Konsens beschlossen; sie treten für die Vertragsparteien, die sie angenommen haben, am neunzigsten Tag nach dem Zeitpunkt in Kraft, zu dem zwei Drittel der Vertragsparteien ihre Urkunde über die Annahme der Änderungen hinterlegt haben. Die Änderungen treten für jede Vertragspartei, die sie angenommen hat, nachdem zwei Drittel der Vertragsparteien ihre Urkunde über die Annahme der Änderungen hinterlegt haben, am neunzigsten Tag nach dem Zeitpunkt in Kraft, zu dem die betreffende Vertragspartei ihre Urkunde über die Annahme der Änderung hinterlegt hat.

(4) Änderungen der Anhänge werden von den auf einer Sitzung des Exekutivorgans vertretenen Vertragsparteien durch Konsens beschlossen; sie treten dreißig Tage nach dem Zeitpunkt in Kraft, zu dem sie nach Absatz 5 mitgeteilt worden sind.

(5) Änderungen nach den Absätzen 3 und 4 werden vom Exekutivsekretär allen Vertragsparteien so bald wie möglich nach der Beschlußfassung mitgeteilt.

Artikel 12

Beilegung von Streitigkeiten

Entsteht zwischen zwei oder mehr Vertragsparteien eine Streitigkeit über die Auslegung oder Anwendung dieses Protokolls, so bemühen sich diese Vertragsparteien um eine Lösung durch Verhandlungen oder durch ein anderes Verfahren der Beilegung, das für die Streitparteien annehmbar ist.

Artikel 13

Unterzeichnung

(1) Dieses Protokoll liegt vom 18. bis zum 22. November 1991 in Genf und danach bis zum 22. Mai 1992 am Sitz der Vereinten Nationen in New York für die Mitgliedstaaten der Kommission, für Staaten, die in der Kommission nach Absatz 8 der Entschließung 36 (IV) des Wirtschafts- und Sozialrats vom 28. März 1947 beratenden Status haben, sowie für die Organisationen der regionalen Wirtschaftsintegration, die von den souveränen Staaten, die Mitglieder der Kommission sind, gebildet werden und für die Aushandlung, den Abschluß und die Anwendung internationaler Übereinkünfte über Angelegenheiten zuständig sind, die in den Geltungsbereich dieses Protokolls fallen, zur Unterzeichnung auf, vorausgesetzt, daß die betreffenden Staaten und Organisationen Vertragsparteien des Übereinkommens sind.

(2) Solche Organisationen der regionalen Wirtschaftsintegration üben in Angelegenheiten, die in ihren Zuständigkeitsbereich fallen, in ihrem eigenen Namen die Rechte aus und nehmen die Verantwortlichkeiten wahr, die dieses Protokoll den Mitgliedstaaten dieser Organisationen überträgt. In diesen Fällen sind die Mitgliedstaaten dieser Organisationen nicht berechtigt, solche Rechte einzeln auszuüben.

Artikel 14

Ratifikation, Annahme, Genehmigung und Beitritt

(1) Dieses Protokoll bedarf der Ratifikation, Annahme oder Genehmigung durch die Unterzeichner.

(2) Dieses Protokoll steht vom 22. Mai 1992 an für die in Artikel 13 Absatz 1 genannten Staaten und Organisationen zum Beitritt offen.

Artikel 15

Verwahrer

Die Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunden werden beim Generalsekretär der Vereinten Nationen hinterlegt; dieser erfüllt die Aufgaben des Verwahrers.

Artikel 16

Inkrafttreten

(1) Dieses Protokoll tritt am neunzigsten Tag nach dem Zeitpunkt der Hinterlegung der sechzehnten Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunde in Kraft.

(2) Für alle in Artikel 13 Absatz 1 bezeichneten Staaten und Organisationen, die nach der Hinterlegung der sechzehnten Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunde dieses Protokoll ratifizieren, annehmen, genehmigen oder ihm beitreten, tritt das Protokoll am neunzigsten Tag nach dem Zeitpunkt der Hinterlegung der Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunde durch die betreffende Vertragspartei in Kraft.

Artikel 17

Rücktritt

Eine Vertragspartei kann jederzeit nach Ablauf von fünf Jahren nach dem Zeitpunkt, zu dem dieses Protokoll für sie in Kraft getreten ist, durch eine an den Verwahrer gerichtete schriftliche Notifikation von dem Protokoll zurücktreten. Der Rücktritt wird am neunzigsten Tag nach dem Eingang der Notifikation bei dem Verwahrer oder zu einem in der Rücktrittsnotifikation angegebenen späteren Zeitpunkt wirksam.

Artikel 18

Verbindliche Wortlaute

Die Urschrift dieses Protokolls, dessen englischer, französischer und russischer Wortlaut gleichermaßen verbindlich ist, wird beim Generalsekretär der Vereinten Nationen hinterlegt.

ZU URKUND DESSEN haben die hierzu gehörig befugten Unterzeichneten dieses Protokoll unterschrieben.

GESCHEHEN zu Genf am 18. November 1991.

Anhang I**Bezeichnete Gebiete, in denen Maßnahmen zur Verminderung der troposphärischen Ozonkonzentrationen durchgeführt werden [Tropospheric Ozone Management Areas (TOMAs)]**

Die folgenden TOMAs werden für die Zwecke dieses Protokolls festgelegt:

Kanada

TOMA Nr. 1: Das Lower Fraser Valley (Unteres Frasertal) in der Provinz British Columbia.

Hierbei handelt es sich um ein 16 800 km großes Gebiet in der Südwestecke der Provinz British Columbia, das durchschnittlich 80 km breit ist und sich im Fraser-Tal 200 km von der Mündung des Flusses in der Meerenge von Georgia bis Boothroyd, British Columbia, erstreckt. Seine südliche Grenze ist die Staatsgrenze zwischen Kanada und den Vereinigten Staaten, und es schließt den Greater Vancouver Regional District (Landkreis von Groß-Vancouver) ein.

TOMA Nr. 2: Der Windsor-Quebec-Korridor in den Provinzen Ontario und Quebec.

Hierbei handelt es sich um ein 157 000 km großes Gebiet, das aus einem Landstreifen von 1 100 km Länge und durchschnittlich 140 km Breite besteht, der sich von der Stadt Windsor (angrenzend an Detroit in den Vereinigten Staaten) in der Provinz Ontario bis Quebec-City in der Provinz Quebec erstreckt. Das TOMA Windsor-Quebec-Korridor erstreckt sich entlang dem Nordufer der Großen Seen und des Sankt-Lorenz-Stroms in Ontario und zu beiden Seiten des Sankt-Lorenz-Stroms von der Grenze von Ontario bis Quebec-City in Quebec. Es schließt die Städte Windsor, London, Hamilton, Toronto, Ottawa, Montreal, Trois-Revères und Quebec-City ein.

Norwegen

Das gesamte norwegische Festland sowie die ausschließliche Wirtschaftszone südlich 62 nördlicher Breite innerhalb der ECE-Region mit einer Fläche von 466 000 km.

Anhang II**Maßnahmen zur Bekämpfung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOCs) aus ortsfesten Quellen****Einleitung**

1. Ziel dieses Anhangs ist es, den Vertragsparteien des Übereinkommens bei der Bestimmung der besten verfügbaren Technologien eine Orientierungshilfe zu geben, um es ihnen zu ermöglichen, die Verpflichtungen aus dem Protokoll zu erfüllen.

2. Die Angaben über Emissionsverhalten und Kosten beruhen auf offiziellen Unterlagen des Exekutivorgans und seiner Nebenorgane, insbesondere auf den Dokumenten, welche die Arbeitsgruppe für VOC-Emissionen aus ortsfesten Quellen erhalten und überarbeitet hat. Wenn nicht anders angegeben, wird vorausgesetzt, daß es sich hierbei um praktisch erprobte Techniken handelt.

3. Es ergeben sich fortlaufend neue Erfahrungen mit neuen Produkten und neuen Anlagen, bei denen emissionsarme Techniken angewendet werden, sowie mit der Nachrüstung bestehender Anlagen, aus diesem Grund wird es notwendig sein, diesen Anhang in regelmäßigen Abständen zu überarbeiten und zu ändern. Die für neue Anlagen festgelegten besten verfügbaren Technologien können nach einer angemessenen Übergangszeit auf bestehende Anlagen angewendet werden.

4. In diesem Anhang wird eine Reihe von Maßnahmen aufgeführt, die ein Spektrum an Kosten und Wirkungsgraden abdecken. Die Entscheidung für eine Maßnahme in einem bestimmten Fall hängt von einer Reihe von Faktoren ab, einschließlich der wirtschaftlichen Umstände, der technologischen Infrastruktur und der bereits durchgeführten Maßnahmen zur Bekämpfung von VOC-Emissionen.

5. Dieser Anhang berücksichtigt im allgemeinen nicht die spezifischen VOC-Arten, die von den verschiedenen Quellen ermittelt werden, sondern behandelt die besten verfügbaren Technologien zur VOC-Verringerung. Wenn Maßnahmen für bestimmte Quellen geplant werden, lohnt es sich, zu erwägen, denjenigen Tätigkeiten Vorrang einzuräumen, die eher reaktionsfähige als nichtreaktionsfähige flüchtige organische Verbindungen emittieren (zB im Lösungsmittel verwendenden Sektor). Jedoch sollten bei der Entwicklung solcher verbindungspezifischer Maßnahmen auch andere Auswirkungen auf die Umwelt (zB die globale Klimaveränderung) und auf die menschliche Gesundheit berücksichtigt werden.

I. Die Hauptquellen von VOC-Emissionen aus ortsfesten Quellen

6. Die Hauptquellen anthropogener VOC-Emissionen außer Methan aus ortsfesten Quellen sind folgende:

- a) Einsatz von Lösungsmitteln,
- b) Erdölindustrie einschließlich Umschlag von Erdölprodukten,
- c) organische chemische Industrie,
- d) Kleinfeuerungsanlagen (zB Heizungen in Haushalten, kleine Kessel in der Industrie),
- e) Nahrungsmittelindustrie,
- f) Eisen- und Stahlindustrie,
- g) Handhabung und Behandlung von Abfall,
- h) Landwirtschaft.

7. Die Reihenfolge der Quellen entspricht ihrer allgemeinen Bedeutung vorbehaltlich der Unsicherheitsfaktoren von Emissionskatastern. Die Aufteilung der VOC-Emissionen auf unterschiedliche Quellen hängt weitgehend von den Tätigkeitsbereichen im Hoheitsgebiet jeder einzelnen Vertragspartei ab.

II. Allgemeine Optionen für die Verringerung von VOC-Emissionen

8. Für die Begrenzung oder Vermeidung von VOC-Emissionen gibt es mehrere Möglichkeiten. Maßnahmen, zur Verringerung von VOC-Emissionen konzentrieren sich auf Produkte und/oder Verfahrensänderungen (einschließlich Wartung und Betriebsüberwachung) sowie auf die Nachrüstung bestehender Anlagen. Die folgende Liste gibt einen Überblick über verfügbare Maßnahmen, die entweder einzeln oder kombiniert durchgeführt werden können:

- a) Ersatz flüchtiger organischer Verbindungen, zB Verwendung entfettender Bäder auf Wasserbasis und VOC-armer oder -freier Farben, Tinten, Leime und Klebstoffe,
- b) Verringerung durch bestmögliche Formen des Wirtschaftens, zB sauberes Arbeiten, vorbeugende Wartungsprogramme, oder durch Änderungen in den Verfahren, zB geschlossene Systeme während des Einsatzes, der Lagerung und der Verteilung leichtsiedender organischer Flüssigkeiten,
- c) Wiederverwertung und/oder Rückgewinnung von durch Techniken wie Adsorption, Absorption, Kondensation und Membranverfahren wirksam abgeschiedenen flüchtigen organischen Verbindungen; im Idealfall können organische Verbindungen vor Ort wiederverwertet werden,
- d) Vernichtung von wirksam abgeschiedenen flüchtigen organischen Verbindungen durch Techniken wie thermische oder katalytische Nachverbrennung oder biologische Behandlung.

9. Die Verfahren zur Bekämpfung der VOC-Emissionen müssen überwacht werden, um sicherzustellen, daß die entsprechenden Maßnahmen und Methoden ordnungsgemäß angewendet werden und zu einer wirksamen Verringerung führen. Diese Überwachung umfaßt

- a) die Aufstellung eines Verzeichnisses derjenigen oben aufgeführten Maßnahmen zur Verringerung von VOC-Emissionen, die bereits angewendet worden sind,
- b) die Bestimmung und Quantifizierung der VOC-Emissionen aus relevanten Quellen durch meßtechnische oder andere Verfahren,
- c) die regelmäßige Überprüfung der bereits angewendeten Bekämpfungsmaßnahmen, um sicherzustellen, daß diese weiterhin wirksam eingesetzt werden,
- d) die regelmäßige Berichterstattung zu den Buchstaben a, b und c nach einem einheitlichen Verfahren, an die Vollzugsbehörden,
- e) einen Vergleich der in der Praxis erzielten Verringerung der VOC-Emissionen mit den im Protokoll genannten Zielen.

10. Die Zahlen für Investitionen/Kosten stammen aus verschiedenen Quellen. Auf Grund der Vielzahl der mitwirkenden Faktoren sind diese Zahlen stark fallspezifisch. Wird die Einheit „Kosten je Tonne beseitigte VOC-Emissionen“ für Überlegungen hinsichtlich einer Kosten-Nutzen-Strategie verwendet, so muß stets berücksichtigt werden, daß diese spezifischen Zahlen in hohem Maße von Faktoren wie zB der Kapazität der Anlage, Effizienz des Beseitigungsverfahrens und VOC-Konzentration im Rohgas, Art der Technologie sowie Neuanlage oder Nachrüstung abhängen. Veranschaulichende Kostenzahlen sollten ebenfalls auf verfahrensspezifischen Parametern beruhen, zB mg/m² behandelter Flächen (Farben), kg/m³ Produkt oder kg/Einheit.

11. Überlegungen hinsichtlich einer Kosten-Nutzen-Strategie sollten auf den Gesamtkosten im Jahr beruhen (einschließlich Kapital- und Betriebskosten). Die bei der Verringerung der VOC-Emissionen

entstehenden Kosten sollten auch im Rahmen der Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses gesehen werden, zB die Auswirkungen von Bekämpfungsmaßnahmen und -kosten auf die Herstellungskosten.

III. Emissionsbekämpfungstechniken

12. Die Hauptkategorien der verfügbaren Techniken zur Verringerung der VOC-Emissionen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Die in die Tabelle aufgenommenen Techniken sind kommerziell erfolgreich angewandt worden und sind nunmehr allgemein anerkannt. Zum größten Teil sind sie sektorenübergreifend angewandt worden.

13. Sektorenspezifische Techniken, einschließlich der Begrenzung des Lösungsmittelgehalts von Produkten, sind in den Kapiteln IV und V aufgeführt.

14. Es sollte darauf geachtet werden, daß die Anwendung dieser Techniken keine anderen Umweltprobleme schafft. Ist eine Verbrennung erforderlich, so sollte sie, wenn möglich, mit einer Energierückgewinnung gekoppelt sein.

15. Beim Einsatz solcher Techniken können allgemein Konzentrationen von unter 150 mg/m³ (als Gesamtkohlenstoff, Standardbedingungen) in Abluftströmen erzielt werden. In den meisten Fällen können Emissionswerte von 10–50 mg/m³ erreicht werden.

16. Ein weiteres allgemein verbreitetes Verfahren zur Vernichtung nicht halogener flüchtiger organischer Verbindungen ist der Einsatz von VOC-haltigen Gasströmen als Zusatzluft oder Brennstoff in bestehenden Energieumwandlungseinheiten. Dies erfordert jedoch in der Regel standortspezifische Verfahrensänderungen und ist deshalb ebenfalls nicht in der folgenden Tabelle enthalten.

17. Die Angaben über den Wirkungsgrad werden aus Betriebserfahrungen abgeleitet und spiegeln die Leistungsfähigkeit bestehender Anlagen wider.

18. Die Angaben über die Kosten sind unsicherer auf Grund der unterschiedlichen Kosteninterpretationen, der Usancen im Rechnungswesen und der standortspezifischen Bedingungen. Aus diesem Grund sind die vorgelegten Angaben fallspezifisch. Sie decken die Kostenbereiche für die verschiedenen Techniken ab. Sie geben jedoch das Verhältnis zwischen den Kosten der verschiedenen Techniken genau wieder. Die Unterschiede zwischen den Kosten für neue und nachzurüstende Einrichtungen können in einigen Fällen beträchtlich sein, sind jedoch nicht so groß, daß die Reihenfolge in Tabelle 1 geändert werden müßte.

19. Die Wahl einer Emissionsbekämpfungstechnik hängt von Parametern wie der VOC-Konzentration im Rohgas, dem Gasvolumenstrom, der VOC-Art usw. ab. Deshalb kann eine gewisse Überschneidung bei den Anwendungsbereichen auftreten; in einem solchen Fall muß die am besten geeignete Technik je nach Sachlage ausgewählt werden.

Tabelle 1

Zusammenfassung der verfügbaren Techniken zur Bekämpfung der VOC-Emissionen, ihres jeweiligen Wirkungsgrads und ihrer Kosten

Technik	Niedrigere Konzentration im Luftstrom		Höhere Konzentration im Luftstrom		Anwendung
	Wirkungsgrad	Kosten	Wirkungsgrad	Kosten	
Thermische Nachverbrennung	hoch	hoch	hoch	mittel	breit, bei hohen Konzentrationen
Katalytische Nachverbrennung *)	hoch	mittel	mittel	mittel	eher bei niedrigen Konzentrationen
Adsorption **) (Aktivkohlefilter)	–	–	hoch	mittel	breit, bei niedrigen Konzentrationen
Absorption (Abgaswäsche)	–	–	hoch	mittel	breit, bei hohen Konzentrationen
Kondensation **)	–	–	mittel	gering	nur bei besonderen Fällen hoher Konzentrationen

Technik	Niedrigere Konzentration im Luftstrom		Höhere Konzentration im Luftstrom		Anwendung
	Wirkungsgrad	Kosten	Wirkungsgrad	Kosten	
Biofiltration	mittel bis hoch	gering	gering ***)	gering	hauptsächlich bei niedrigeren Konzentrationen, auch zur Geruchsbekämpfung

Konzentration: niedriger: $< 3 \text{ g/m}^3$ (in vielen Fällen $< 1 \text{ g/m}^3$); höher $> 5 \text{ g/m}^3$

Wirkungsgrad: hoch: $> 95\%$
mittel: $80\text{--}95\%$
gering: $< 80\%$

Kosten: hoch: $> 500 \text{ ECU/t}$ beseitigter VOC-Emissionen
mittel: $150\text{--}500 \text{ ECU/t}$ beseitigter VOC-Emissionen
gering: $< 150 \text{ ECU/t}$ beseitigter VOC-Emissionen

*) Einsparungen auf Grund von Energierückgewinnung sind nicht eingeschlossen; diese können die Kosten erheblich senken.

**) Diese Verfahren können mit Lösungsmittelrückgewinnungssystemen kombiniert werden. Dann ergeben sich Kosteneinsparungen.

***) Mit Pufferfiltern zur Dämpfung der Emissionsspitzen werden mittlere bis hohe Wirkungsgrade bei mittleren bis geringen Kosten erzielt.

IV. SEKTOREN

20. In diesem Kapitel wird jeder VOC-emittierende Sektor durch eine Tabelle beschrieben, in der die Hauptemissionsquelle, die Verringerungsmaßnahmen einschließlich der besten verfügbaren Technologien, ihr spezifischer Verringerungsgrad und die damit verbundenen Kosten enthalten sind.

21. Die Tabelle enthält auch für jeden Sektor eine Schätzung des Gesamtpotentials zur Verringerung seiner VOC-Emissionen. Das größte Verringerungspotential gilt für Situationen, in denen gegenwärtig nur ein geringes Maß an Verringerung vorliegt.

22. Verfahrensspezifische Verringerungsgrade sollten nicht mit den für Verringerungspotential eines jeden Sektors angegebenen Zahlen verwechselt werden. Bei den ersteren handelt es sich um technische Möglichkeiten, während die letzteren die wahrscheinliche Umsetzung und andere sektorspezifische Faktoren berücksichtigen. Die verfahrensspezifischen Wirksamkeitsgrade werden nur qualitativ angegeben, und zwar wie folgt:

I = $> 95\%$; II = $80\text{--}95\%$; III = $< 80\%$

23. Kosten hängen von der Kapazität, standortspezifischen Faktoren, Usancen im Rechnungswesen und sonstigen Faktoren ab. Folglich können die Kosten erheblich variieren; deshalb werden nur qualitative Angaben (mittel, gering, hoch) gemacht, die sich auf einen Vergleich zwischen den Kosten verschiedener Technologien für bestimmte Anwendungsbereiche beziehen.

A. Verwendung von Lösungsmitteln in der Industrie

24. Durch die Verwendung von Lösungsmitteln in der Industrie werden in vielen Ländern die meisten VOC-Emissionen aus ortsfesten Quellen verursacht. In der Tabelle 2 werden die Hauptsektoren, die möglichen Verringerungsmaßnahmen einschließlich der besten verfügbaren Technologien und die Verringerungsgrade aufgeführt und für jeden Sektor die beste verfügbare Technologie angegeben. Es kann Unterschiede zwischen kleinen und großen oder neuen und alten Anlagen geben. Deshalb liegt das angeführte geschätzte Gesamtverringierungspotential unter den in Tabelle 2 angegebenen Werten. Das geschätzte Gesamtverringierungspotential für diesen Sektor beträgt bis zu 60 vH. Ein weiterer Schritt zur Verringerung des Potentials zur Bildung von Ozonepisoden kann auch die Änderung der Zusammensetzung der restlichen Lösungsmittel umfassen.

25. Im Hinblick auf die Verwendung von Lösungsmitteln in der Industrie können grundsätzlich drei Lösungsansätze angewendet werden: ein produktorientierter Ansatz, der zB zu einer Änderung der Zusammensetzung des Produkts führt (Farben, entfettende Produkte usw.), verfahrensorientierte Veränderungen und nachgeschaltete Verringerungstechnologien. Für einige Verwendungsbereiche

Lösungsmitteln in der Industrie ist nur ein produktorientierter Ansatz möglich (im Fall des Anstreichens von Anlagen oder Gebäuden, der industriellen Verwendung von Reinigungsprodukten usw.). In allen anderen Fällen ist, unter anderem wegen der positiven Nebenwirkungen auf die Lösungsmittlemissionen der verarbeitenden Industrie, dem produktorientierten Ansatz Vorrang einzuräumen.

Darüber hinaus können die Auswirkungen der Emissionen auf die Umwelt durch eine Kombination der besten verfügbaren Technologie mit einer Änderung der Produktzusammensetzung, bei der Lösungsmittel durch weniger schädliche Alternativen ersetzt werden, verringert werden. Bei einem solchen kombinierten Ansatz könnte ein maximales Emissionsverringierungspotential von bis zu 60 vH zu einer erheblich stärkeren Verbesserung der Umweltsituation führen.

Tabelle 2

Maßnahmen zur Bekämpfung der VOC-Emissionen, Verringerungsgrad und Kosten für den Lösungsmittel verwendenden Sektor

Emissionsquelle	Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission	Verringerungsgrad	Beseitigungskosten
Industrielle Oberflächenbeschichtung	Umstellung auf	I	Einsparungen
	– Pulverlacke	I–III	gering
	– VOC-arme/-freie Farben	I–III	Einsparungen
	– Farben mit hohem Feststoffanteil		
	Nachverbrennung:		
Papieroberflächenbeschichtung	– thermisch	I–II	mittel bis hoch
	– katalytisch	I–II	mittel
	Aktivkohleadsorption	I–II	mittel
	Nachverbrennung	I–II	mittel
	Strahlentrocknung/wäßrige Tinten	I–III	gering
Fahrzeugherstellung	Umstellung auf		
	– Pulverlacke	I	
	– Systeme auf Wasserbasis	I–II	gering
	– Beschichtung mit Farben mit hohem Feststoffanteil	II	
	Aktivkohleadsorption	I–II	gering
Industriefarben	Nachverbrennung mit Wärmerückgewinnung		
	– thermisch	I–II	
	– katalytisch	I–II	
	VOC-arme/-freie Farben	I–II	mittel
	VOC-arme/-freie Farben	II–III	mittel
Druckerei	Lösungsmittelarme Tinten/Tinten auf Wasserbasis	II–III	mittel
	Buchdruck: Strahlentrocknung	I	gering
	Aktivkohleadsorption	I–II	hoch
	Absorption		
	Nachverbrennung	I–II	
Metallentfettung	– thermisch		
	– katalytisch		
	Biofiltration einschließlich Pufferfilter	I	mittel
	Übergang auf VOC-arme/-freie Systeme	I	
	Geschlossene Anlagen	II	gering bis hoch
	Aktivkohleadsorption		
	Abdeckung, Kühlung	III	gering

Emissionsquelle	Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission	Verringerungsgrad	Beseitigungskosten
Chemische Reinigung	Trockner mit Rückgewinnung und sauberes Arbeiten (geschlossene Kreisläufe)	II–III	gering bis mittel
	Kondensation	II	gering
	Aktivkohleadsorption	II	gering
Flachholztäfelung	VOC-arme/-freie Beschichtungen	II	gering

26. Die Entwicklung vollzieht sich rasch in Richtung auf lösungsmittelarme bzw. -freie Farben, die zu den kostenwirksamsten Lösungen zählen. Für viele Anlagen wird eine Kombination aus lösungsmittelarmen und Adsorptions-/Nachverbrennungstechniken gewählt. Die Verringerung der VOC-Emissionen könnte bei Großanlagen für industrielle Lackierung (zB für Fahrzeuge, Haushaltsgeräte) relativ schnell verwirklicht werden. In mehreren Ländern sind die Emissionen bis auf 60 g/m² verringert worden. Eine Reihe von Ländern hat erkannt, daß es technisch unmöglich ist, Emissionen aus neuen Anlagen auf unter 20 g/m² zu verringern.

27. Für die Entfettung von Metalloberflächen bieten sich emissionsarme alternative Lösungen in Form einer Behandlung auf Wasserbasis oder des Einsatzes geschlossener Anlagen mit Aktivkohle für die Rückgewinnung an.

28. Für die verschiedenen Drucktechniken werden unterschiedliche Methoden zur Verringerung der VOC-Emissionen angewendet. Dazu gehören hauptsächlich der Einsatz anderer Tinten, Veränderungen innerhalb des Druckprozesses durch Anwendung anderer Druckmethoden sowie Gasreinigungstechniken. Wäßrige Tinten werden anstelle von Tinten auf Lösungsmittelbasis für Gummidruck auf Papier verwendet und werden gegenwärtig für den Druck auf Plastik entwickelt. Wäßrige Tinten für Sieb- und Rotationsdruck sind für einige Anwendungsbereiche verfügbar. Die Verwendung elektronenstrahlhärtender Tinten im Offsetdruck beseitigt VOC-Emissionen und wird für den Druck in der Verpackungsindustrie eingesetzt. Für einige Druckmethoden stehen LW-trocknende Tinten zur Verfügung. Die beste verfügbare Technologie für Rotationsdrucke für Publikationen ist die Gasreinigungstechnik, die Aktivkohleadsorber verwendet. In der Verpackungsindustrie wird die Lösungsmittelrückgewinnung beim Rotationsdruck durch Adsorption (Zeolith, Aktivkohle) durchgeführt, aber auch durch Nachverbrennung und durch Absorption. Zur Reinigung der bei der Thermofixierung im Rollenoffset-Verfahren anfallenden Abgase wird die thermische oder katalytische Nachverbrennung eingesetzt. Die Verbrennungsanlagen umfassen häufig eine Vorrichtung zur Wärmerückgewinnung.

29. Für die chemische Reinigung besteht die beste verfügbare Technologie aus geschlossenen Anlagen und einer Behandlung der Abluft aus der Belüftung durch Aktivkohlefilter.

B. Erdölindustrie

30. Die Erdölindustrie ist einer der Hauptverursacher von VOC-Emissionen aus ortsfesten Quellen. Die Emissionen entstehen sowohl in den Raffinerien als auch bei der Verteilung (einschließlich Transport und Tankstellen). Die folgenden Anmerkungen beziehen sich auf Tabelle 3; die angeführten Maßnahmen umfassen auch die beste verfügbare Technologie.

31. Emissionen aus Raffinerieprozessen entstehen bei der Verfeuerung von Brennstoffen, der Abfackelung von Kohlenwasserstoffen, der Absaugung aus Vakuumsystemen und durch diffuse Emissionen aus Prozeßeinheiten wie Flanschen und sonstigen Verbindungen, geöffneten Leitungen und Probenahmesystemen. Weitere bedeutende VOC-Emissionen innerhalb von Raffinerien und ähnlichen Anlagen entstehen bei der Lagerung, der Abwasserbehandlung, in Be-/Entladeeinrichtungen wie Häfen, Verladestellen von Tanklastwagen und Bahn, Rohrleitungsterminals sowie bei wiederkehrenden Vorgängen wie Abfahren, Wartung und Anfahren (Revisionsstillstand der Prozeßeinheiten).

32. Die bei einem Revisionsstillstand entstehenden Emissionen können durch eine Entlüftung der Dämpfe in Dampfückgewinnungssysteme oder durch kontrollierte Abfackelung beseitigt werden.

33. Die Dämpfe aus Vakuumsystemen können durch Kondensation oder durch Einleitung in Dampf- oder Wärmeerzeuger beseitigt werden.

Tabelle 3

Maßnahmen zur Bekämpfung der VOC-Emissionen, Verringerungsgrad und Kosten für die Erdölindustrie

Emissionsquelle	Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission	Verringerungsgrad	Beseitigungskosten
Erdölraffinerien			
– Diffuse Emissionen	Regelmäßige Inspektion und Wartung	III	mittlere Kosten
– Revisionsstillstand der Prozeßeinheiten	Fackeln/Prozeßöfen, Rückgewinnung der Dämpfe	I	nicht verfügbar
– Abwasserseparator	Schwimmdecke	II	mittlere Kosten/ Einsparungen
– Vakuumsystem	Oberflächenkontaktkondensatoren Nichtkondensierbare VOCs zu Brennern oder Öfen geleitet	I	
– Schlammverbrennung	Thermische Nachverbrennung	I	
Lagerung von Rohöl und Produkten			
– Benzin	Interne Schwimmdächer mit doppelten Dichtungen	I–II	Einsparungen
	Schwimmdachtanks mit doppelten Dichtungen	II	Einsparungen
– Rohöl	Schwimmdachtanks mit doppelten Dichtungen	II	Einsparungen
– Benzinverladeterminals (Be- und Entladen von lastwagen, Schleppkähnen und Zügen)	Dampfrückgewinnungseinheit	I–II	Einsparungen
– Tankstellen	Dampfrückführung bei Tanklastwagen (Stufe I)	I–II	geringe Kosten/ Einsparungen
	Dampfrückführung während des Auftankens (geänderte Zapfpistolen) (Stufe II)	I (–II) *)	mittlere Kosten **)

*) Wird mit steigender Verbreitung genormter Einfüllstutzen zunehmen.

**) Je nach Kapazität (Tankstellengröße) Nachrüstung oder neue Tankstellen.

34. Diffuse Emissionen aus Prozeßgeräten für Gas/Dampf oder leichtflüchtige Flüssigkeiten (zB Selbststeuerventile, handbetriebene Ventile, Überdrucksicherungen, Probenahmesysteme, Pumpen, Kompressoren, Flansche und Verbindungen) können durch regelmäßige Untersuchungen auf Undichtigkeiten, Reparaturprogramme und vorbeugende Wartung verringert oder vermieden werden. Geräte mit beträchtlichen Undichtigkeiten (zB Ventile, Dichtungen, Verschlüsse, Pumpen usw.) können durch weniger leckanfällige Teile ersetzt werden. Beispielsweise können handbetriebene und Selbststeuerventile durch entsprechende Ventile mit Ausgleichsdichtungen ersetzt werden. Pumpen für Gas/Dampf oder leichtflüchtige Flüssigkeiten können mit doppelten mechanischen Verschlüssen mit gesteuerten Entlüftungsöffnungen ausgestattet werden. Kompressoren können mit Dichtungen mit einem Flüssigkeitssperrsystem ausgerüstet werden, das verhindert, daß Flüssigkeit aus dem Prozeß in die Atmosphäre entweicht, und die aus den Kompressordichtungen entweichenden Stoffe können zu den Fackeln geleitet werden.

35. Überdrucksicherungen für möglicherweise VOCs enthaltende Medien können an ein Gassammelsystem angeschlossen und die gesammelten Gase in Prozeßöfen oder Fackeln verbrannt werden.

36. VOC-Emissionen aus der Lagerung von Rohöl und Erdölprodukten können dadurch verringert werden, daß Festdach tanks mit internen Schwimmdächern ausgestattet werden oder daß Schwimmdach tanks doppelte Dichtungen erhalten.

37. VOC-Emissionen aus der Lagerung von Benzin und anderen leichtflüchtigen Flüssigkeitsbestandteilen können mit verschiedenen Mitteln verringert werden. Festdach tanks können mit internen Schwimmdächern mit primären und sekundären Dichtungen ausgestattet oder an ein geschlossenes Entlüftungssystem in eine wirksame Verringerungseinrichtung, zB zur Dampfückgewinnung, Abfackelung oder Verbrennung in Prozeßöfen, angeschlossen werden. Schwimmdach tanks mit einer Dichtung können mit einer zweiten Dichtung und/oder zusätzlich mit undurchlässigen Festdächern und mit Überdruckventilen, die mit der Fackel verbunden werden können, ausgestattet werden.

38. VOC-Emissionen, die im Zusammenhang mit der Handhabung und Behandlung von Abwasser entstehen, können mit verschiedenen Mitteln verringert werden. Im Abflußsystem können Wasserdichtungen sowie Abzweigkästen eingebaut werden, die mit dichtsitzenden Abdeckungen versehen sind. Kanalisationsleitungen können abgedeckt werden. Eine andere Möglichkeit ist, das Abflußsystem vollständig gegenüber der Atmosphäre abzuschließen. Öl-Wasser-Abscheider einschließlich der Abscheidetanks, Abstreichlöffel, Ablaufwehre, Abriebkammern, Schlammtrichter und Schlicköleinrichtungen können mit Festdächern und geschlossenen Entlüftungssystemen versehen werden, welche die Dämpfe zu einer Einrichtung leiten, die entweder für die Rückgewinnung oder die Vernichtung der VOC-Dämpfe bestimmt ist. Als weitere Möglichkeit können Öl-Wasser-Abscheider mit Schwimmdächern mit primären und sekundären Dichtungen ausgestattet werden. VOC-Emissionen aus Abwasserbehandlungsanlagen können dadurch wirksam verringert werden, daß das Öl den Prozeßeinrichtungen entzogen und dem Schlickölsystem zugeführt wird, wodurch der Ölstrom in die Abwasserbehandlungsanlage verringert wird. Die Temperatur des einfließenden Wassers kann ebenfalls geregelt werden, um die Emissionen in die Atmosphäre zu senken.

39. Der Sektor Benzinlagerung und -verteilung weist ein hohes Verringerungspotential auf. Die das Verladen von Benzin in der Raffinerie (über zwischengeschaltete Terminals) bis zur Belieferung der Tankstellen umfassende Emissionsverringerng wird als Stufe 1 bezeichnet, die Verringerung beim Auftanken von Kraftwagen an Tankstellen auftretenden Emissionen als Stufe II [siehe Absatz 33 des Anhanges III über Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOCS) aus Straßenkraftfahrzeugen].

40. Die Verringerungsmaßnahmen in Stufe 1 bestehen aus dem Rückführen und dem Auffangen der Dämpfe beim Verladen von Benzin sowie der Rückgewinnung der Dämpfe in geeigneten Einrichtungen. Außerdem können die an Tankstellen beim Entladen der Tanklastwagen aufgefangenen Dämpfe im Dampfückgewinnungseinrichtungen zurückgeführt und dort zurückgewonnen werden.

41. Die Verringerung in Stufe II besteht aus einer Gaspendelung zwischen dem Fahrzeugtank und dem unterirdischen Lagertank der Tankstelle.

42. Stufe II stellt zusammen mit Stufe 1 die beste verfügbare Technologie zur Verringerung der bei der Verteilung von Benzin entstehenden Verdampfungsemissionen dar. Ein ergänzendes Mittel zur Verringerung der VOC-Emissionen aus der Lagerung und dem Umschlag von Kraftstoffen besteht darin, die Flüchtigkeit der Kraftstoffe zu verringern.

43. Das Gesamtverringerngspotential im Sektor Erdölindustrie beträgt bis zu 80 vH. Dieses Höchstmaß kann nur erreicht werden, wenn das derzeitige Niveau der Emissionsverringerng niedrig ist.

C. Organische chemische Industrie

44. Die chemische Industrie trägt auch erheblich zu den VOC-Emissionen aus ortsfesten Quellen bei. Die Emissionen sind von unterschiedlicher Art mit einer breiten Palette von Schadstoffen auf Grund der Vielfalt der Produkte und Produktionsverfahren. Die verfahrensbedingten Emissionen lassen sich in die folgenden wichtigsten Unterkategorien unterteilen: Emissionen aus Reaktionsprozessen, aus der Luftoxidation und der Destillation sowie aus anderen Trennverfahren. Weitere wichtige Emissionsquellen sind Undichtigkeiten, Lagerung und Produktumschlag (Be-/Entladen).

45. Bei neuen Anlagen können die Emissionen durch Verfahrensänderungen und/oder neue Verfahren häufig erheblich verringert werden. Sogenannte Zusatz- oder nachgeschaltete Techniken, zB Adsorption, Absorption und thermische oder katalytische Nachverbrennung, stellen in vielen Fällen alternative oder ergänzende Technologien dar. Um Verdampfungsverluste aus Lagertanks und Emissionen aus Be- und Entladevorrichtungen zu verringern, können die für die Erdölindustrie empfohlenen Bekämpfungsmaßnahmen (Tabelle 3) angewandt werden. Bekämpfungsmaßnahmen

einschließlich der besten verfügbaren Technologie und ihres verfahrensbedingten Verringerungsgrads sind in Tabelle 4 aufgeführt.

46. Das erreichbare Gesamtverringierungspotential in der organischen chemischen Industrie beträgt bis zu 70 vH je nach der Art der verschiedenen Industrien und dem Ausmaß, in dem Verringerungstechnologien und -verfahren bereits angewandt werden.

Tabelle 4

Maßnahmen zur Bekämpfung der VOC-Emissionen, Verringerungsgrad und Kosten für die organische chemische Industrie

Emissionsquelle	Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission	Verringerungsgrad	Beseitigungskosten und Einsparungen
Diffuse Emissionen	Programme zur Feststellung und Behebung von Undichtigkeiten – regelmäßige Inspektion	III	geringe Kosten
Lagerung und Handhabung	– siehe Tabelle 3		
Verfahrensbedingte Emissionen	Allgemeine Maßnahmen: – Aktivkohleadsorption – Nachverbrennung – thermisch	I–II	n. v. *)
	– katalytisch	I–II	mittlere bis hohe Kosten
	– Absorption	I–II	n. v. *)
	– Biofiltration		n. v. *)
	– Abfackelung	n. v.	n. v. *)
– Formaldehydproduktion	– Nachverbrennung – thermisch – katalytisch	I I	hohe Kosten
– Polyethylenproduktion	– Abfackelung – katalytische Nachverbrennung	I I–II	mittlere Kosten
– Polystyrolproduktion	– thermische Nachverbrennung – Abfackelung	I	mittlere Kosten
	Verfahrensänderungen (Beispiele):		
– Vinylchloridproduktion	– Ersatz von Luft durch Sauerstoff in der Oxychlorierung – Abfackelung	II I	n. v. *) mittlere Kosten
– Polyvinylchloridproduktion	– Schlammstripping von Monomeren – Nitro-2-methyl-1-propanol-1-Absorption	II I	n.v. *) Einsparungen
– Polypropylenproduktion	– Hochleistungskatalysator	I	n. v. *)
– Ethylenoxidproduktion	– Ersatz von Luft durch Sauerstoff	I	n. v. *)

*) n. v. nicht verfügbar

D. Ortsfeste Verbrennung

47. Die optimale Verringerung VOC-Emissionen aus der ortsfesten Verbrennung setzt eine rationale Nutzung der Brennstoffe auf nationaler Ebene voraus (Tabelle 5). Es ist ferner wichtig, eine wirksame Verbrennung der Brennstoffe durch den Einsatz zweckmäßiger Betriebsverfahren, wirksamer Verbrennungsgeräte und hochentwickelter Systeme zur Steuerung der Verbrennung sicherzustellen.

48. Insbesondere bei kleinen Systemen gibt es noch ein erhebliches Verringerungspotential, vor allem bei der Verbrennung fester Brennstoffe. Allgemein lassen sich die VOC-Emissionen durch das Auswechseln alter Öfen/Kessel und/oder die Umstellung auf Gas als Brennstoff verringern. Durch den Ersatz von Einzelöfen durch Zentralheizungen und/oder den Ersatz individueller Heizungssysteme wird

die Luftverschmutzung allgemein verringert; jedoch muß der gesamte energetische Wirkungsgrad berücksichtigt werden. Die Brennstoffumstellung auf Gas stellt eine sehr wirksame Verringerungsmaßnahme dar, vorausgesetzt, daß das Verteilersystem dicht ist.

49. In den meisten Ländern ist das VOC-Verringerungspotential bei Kraftwerken unbedeutend. Wegen der Unsicherheiten in bezug auf das Ersetzen von Anlagen und Brennstoffen können keine Zahlen für das Gesamtverringierungspotential und die damit verbundenen Kosten angegeben werden.

Tabelle 5

Maßnahmen zur Bekämpfung der VOC-Emissionen aus ortsfesten Verbrennungsquellen

Emissionsquelle	Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission
Kleine Verbrennungsquellen	Energieeinsparungen, zB Isolierung Regelmäßige Inspektionen Austausch alter Öfen Erdgas und Heizöl statt fester Brennstoffe Zentralheizung Fernheizung
Industrielle und gewerbliche Quellen	Energieeinsparungen Bessere Wartung Änderung der Brennstoffart Änderung von Brenner und Ladung Änderung der Verbrennungsbedingungen
Ortsfeste interne Verbrennungsquellen	Katalysatoren Thermo-Reaktoren

E. Nahrungsmittelindustrie

50. Im Sektor Nahrungsmittelindustrie gibt es eine breite Palette VOC-emittierender Verfahren in großen und kleinen Anlagen (Tabelle 6). Die Hauptquellen von VOC-Emissionen sind.

- a) Herstellung von alkoholischen Getränken,
- b) Backen,
- c) Pflanzenölextraktion unter Verwendung von Mineralölen,
- d) Gewinnung tierischer Fette.

Alkohol ist das wichtigste VOC, das durch die Tätigkeiten unter a und b verursacht wird. Aliphatische Kohlenwasserstoffe sind die wichtigsten VOCs, die durch die Tätigkeit unter c verursacht werden.

51. Andere potentielle Quellen sind

- a) Zuckerindustrie und -verwertung,
- b) Kaffee- und Nußrösterei,
- c) Fritieren (Pommes Frites, Kartoffelchips usw.),
- d) Herstellung von Fischmehl,
- e) Zubereitung von Fleischgerichten usw.

52. Die VOC-Emissionen sind gewöhnlich Geruchsemissionen und weisen eine geringe Konzentration mit hohem Volumenstrom und Wassergehalt auf. Deshalb wird der Einsatz von Biofiltern als Verringerungstechnik angewandt. Konventionelle Techniken wie Absorption, Adsorption, thermische und katalytische Nachverbrennung werden ebenfalls eingesetzt. Der Hauptvorteil von Biofiltern liegt darin, daß sie im Vergleich zu anderen Techniken geringe Betriebskosten mit sich bringen. Dennoch ist eine regelmäßige Wartung erforderlich.

53. In großen Gäranlagen und Großbäckereien läßt sich Alkohol möglicherweise durch Kondensierung zurückgewinnen.

54. Emissionen aliphatischer Kohlenwasserstoffe aus der Ölextraktion lassen sich durch die Anwendung geschlossener Kreisläufe, durch umsichtiges Verhalten zur Verhinderung von Verlusten durch Ventile und Dichtungen usw. auf ein Mindestmaß beschränken. Für unterschiedliche Ölsamen werden unterschiedliche Mengen an Mineralöl zur Extraktion benötigt. Olivenöl kann mechanisch gewonnen werden, so daß kein Mineralöl gebraucht wird.

55. Das technologisch mögliche Gesamtverringierungspotential in der Nahrungsmittelindustrie wird auf bis zu 35 vH geschätzt.

Tabelle 6

Maßnahmen zur Bekämpfung der VOC-Emissionen, Verringerungsgrad und Kosten für die Nahrungsmittelindustrie

Emissionsquelle	Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission	Verringerungsgrad	Beseitigungskosten
Allgemein	Geschlossene Kreisläufe Bio-Oxidation Kondensation und Behandlung Adsorption/Absorption Thermische/katalytische Nachverbrennung	II I	gering *) hoch
Pflanzenölextraktion	Verfahrensintegrierte Maßnahmen Adsorption Membrantechnik Nachverbrennung im Prozeßofen	III	gering
Gewinnung tierischer Fette	Biofiltration	II	gering *)

*) Auf Grund der Tatsache, daß diese Verfahren gewöhnlich auf Gase mit geringen VOC-Konzentrationen angewandt werden, sind die Kosten je Kubikmeter Gas gering, obwohl die Kosten der Verringerung je Tonne VOC hoch sind.

F. Eisen- und Stahlindustrie (einschließlich Ferro-Legierungen, Gießen usw.)

56. In der Eisen- und Stahlindustrie können VOC-Emissionen aus den verschiedensten Quellen stammen:

- a) Verarbeitung von Eingangsmaterial (Kokereien; Agglomerieranlagen: Sintern, Pelletisieren, Brikettieren; Schrottbehandlung);
- b) metallurgische Reaktionen (Lichtbogenreduktionsöfen; elektrische Lichtbogenöfen-, Konverter, insbesondere beim Einsatz von Schrott; [offene] Kupolöfen; Hochöfen);
- c) Produktbehandlung (Gießen; Wärmeöfen; Walzwerke).

57. Reduzierung des Kohlenstoffträgers in Rohmaterialien (zB auf Sinterbändern) verringert das VOC-Emissionspotential.

58. Im Fall offener metallurgischer Reaktoren können sich VOC-Emissionen, insbesondere aus verunreinigtem Schrott und unter pyrolytischen Bedingungen ergeben. Besondere Aufmerksamkeit ist der Sammlung von Gasen aus Ladungs- und Entnahmevorgängen zuzuwenden, um die diffusen VOC-Emissionen auf ein Mindestmaß herabzusetzen.

59. Besondere Aufmerksamkeit ist dem durch Öl, Fett, Farbe usw. verunreinigten Schrott sowie der Trennung der Staubpartikel (nichtmetallische Teile) von metallischem Schrott zuzuwenden.

60. Die Verarbeitung von Produkten hat gewöhnlich diffuse Emissionen zur Folge. Beim Gießen ergeben sich Emissionen von Pyrolysegasen, vor allem aus organisch gebundenen Sänden. Diese Emissionen können dadurch verringert werden, daß emissionsarme Bindeharze gewählt werden und/oder die Menge der Bindestoffe auf ein Mindestmaß beschränkt wird. Biofilter wurden an solchen Rauchgasen getestet. Ölnebel in der Luft aus Walzwerken kann durch Filtration auf ein niedriges Niveau zurückgeführt werden.

61. Kokereianlagen sind eine wichtige VOC-Emissionsquelle. Emissionen ergeben sich aus dem Entweichen von Koksofengas, dem Verlust von VOCs, die normalerweise an eine angeschlossene Destillationsanlage weitergeleitet werden, und der Verbrennung von Koksofengas und anderem Brennstoff. Die VOC-Emissionen werden in erster Linie durch folgende Maßnahmen verringert: verbesserte Abdichtung zwischen Ofentüren und Ofenrahmen und zwischen Ladungsöffnungen und Abdeckungen, Aufrechterhaltung der Absaugung aus Öfen auch während des Ladens, Trockenlöschung entweder durch direkte Kühlung mit Inertgasen oder durch indirekte Kühlung mit Wasser, Ausstoß direkt in die Trockenlöscheinheit und wirksame Abdeckung während des Ausstoßvorgangs.

G. Handhabung und Behandlung von Abfall

62. Bei der Begrenzung des kommunalen festen Abfalls sind die wichtigsten Ziele, die Menge des anfallenden Abfalls und die Menge des zu behandelnden Abfalls zu verringern. Außerdem sollte die Abfallbehandlung unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes optimiert werden.

63. Bei der Entsorgung in Mülldeponien sollten die Maßnahmen zur Bekämpfung von VOC-Emissionen bei der Behandlung des kommunalen Abfalls mit einer wirksamen Sammlung der Gase (vorwiegend Methan) verbunden sein.

64. Diese Emissionen können vernichtet werden (Verbrennung). Eine andere Möglichkeit ist die Reinigung der Gase (Bio-Oxidation, Absorption, Aktivkohle, Adsorption); so daß sie zur Energieerzeugung genutzt werden können.

65. Die Entsorgung von VOCs enthaltendem Industrieabfall in Mülldeponien führt zu VOC-Emissionen. Diese Tatsache muß bei der Festlegung der Abfallbeseitigungspolitik berücksichtigt werden.

66. Das Gesamtverringierungspotential wird auf 30 vH geschätzt, wobei diese Zahl allerdings auch Methan umfaßt.

H. Landwirtschaft

67. Die Hauptquellen für VOC-Emissionen aus der Landwirtschaft sind

- a) das Verbrennen landwirtschaftlichen Abfalls, insbesondere von Stroh und Stoppeln;
- b) die Verwendung organischer Lösungsmittel in Pestizidzubereitungen;
- c) der anaerobe Abbau von Tierfutter und tierischen Abfällen.

68. Die VOC-Emissionen werden verringert durch

- a) die kontrollierte Beseitigung von Stroh statt der allgemein praktizierten Verbrennung auf offenem Feld;
- b) den möglichst geringen Einsatz von Pestiziden mit einem hohen Gehalt an organischen Lösungsmitteln und/oder den Einsatz von Emulsionen und Zubereitungen auf Wasserbasis;
- c) die Kompostierung von Abfall, wobei dem Dung Stroh beigemischt wird, usw.;
- d) die Verringerung der Abgase aus Ställen, Anlagen zur Duntrocknung usw. mittels Biofiltern, Adsorption usw.

69. Außerdem führt eine Veränderung des Futters zur Verringerung der von Tieren ausgehenden Gasemissionen, und die Rückgewinnung der Gase zur Nutzung als Brennstoff ist eine Möglichkeit.

70. Es ist gegenwärtig nicht möglich, das Verringerungspotential bei VOC-Emissionen aus der Landwirtschaft abzuschätzen.

V. PRODUKTE

71. Wenn die Verringerung von VOC-Emissionen durch technische Lösungen nicht möglich ist, ist die einzige Möglichkeit zur Verringerung dieser Emissionen die Änderung der Zusammensetzung der verwendeten Produkte. Die wichtigsten in Frage kommenden Sektoren und Produkte sind folgende: Klebstoffe, die im Haushalt, in der Konsumgüterindustrie, in Geschäften und Büros verwendet werden, Farben für den Gebrauch im Haushalt, Reinigungsmittel für den Haushalt und Hygieneprodukte, Büromaterial wie Korrekturflüssigkeit und Autopflegeprodukte. In allen anderen Fällen, in denen Produkte wie die oben genannten eingesetzt werden (zB für Farben, in der Konsumgüterindustrie) ist es vorzuziehen, die Zusammensetzung der Produkte zu ändern.

72. Maßnahmen, die eine Verringerung von VOC-Emissionen aus solchen Produkten zum Ziel haben sind

- a) Ersatz des Produkts;
- b) Änderung der Produktzusammensetzung;
- c) Änderung der Verpackung von Produkten, insbesondere im Fall von Produkten, deren Zusammensetzung geändert wurde.

73. Instrumente, welche die Marktauswahl beeinflussen sollen, umfassen

- a) Kennzeichnung, um sicherzustellen, daß die Verbraucher über den VOC-Gehalt hinreichend unterrichtet werden;
- b) aktive Förderung der Verwendung von VOC-armen Produkten (zB nach dem System „Blauer Engel“);
- c) steuerliche Anreize, die an den VOC-Gehalt geknüpft sind.

74. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen hängt von dem VOC-Gehalt der betroffenen Produkte sowie dem Vorhandensein und der Akzeptanz von Alternativen ab. Im Fall der Änderung der

Produktzusammensetzung sollte geprüft werden, ob die neuen Produkte nicht anderweitig Probleme schaffen [zB verstärkte Emissionen von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW)].

75. VOC enthaltende Produkte werden sowohl in der Industrie als auch im Haushalt eingesetzt. In beiden Fällen kann der Einsatz lösungsarmer Alternativen Änderungen der Arbeitsgeräte und der Arbeitsmethoden bedingen.

76. Allgemein in Industrie und Haushalt verwendete Farben haben einen durchschnittlichen Lösungsmittelgehalt von rund 25–60 vH. Für die meisten Verwendungszwecke stehen lösungsmittelarme oder -freie Alternativen zur Verfügung oder werden gegenwärtig entwickelt:

- a) Farben für den Einsatz in der Konsumgüterindustrie:
 - Pulverlacke = 0 vH VOC-Gehalt des Produkts
 - wässrige Farben = 10 vH VOC-Gehalt des Produkts
 - lösungsmittelarme Farben = 15 vH VOC-Gehalt des Produkts
- b) Farben für Haushaltszwecke:
 - wässrige Farben = 10 vH VOC-Gehalt des Produkts
 - lösungsmittelarme Farben = 15 vH VOC-Gehalt des Produkts

Die Umstellung auf alternative Farben wird voraussichtlich eine Gesamtverringerung der VOC-Emissionen von rund 45–60 vH ergeben.

77. Die meisten Klebstoffe werden in der Industrie eingesetzt, während die Verwendung im Haushalt weniger als 10 vH ausmacht. Rund 25 vH der gebräuchlichen Klebstoffe enthalten VOC-Lösungsmittel. Bei diesen Klebstoffen variiert der Lösungsmittelgehalt stark und kann die Hälfte des Gewichts des Produkts ausmachen. In mehreren Anwendungsbereichen stehen lösungsmittelarme/-freie Alternativen zur Verfügung. In dieser Kategorie von Quellen ist deshalb ein hohes Verringerungspotential vorhanden.

78. Tinte wird hauptsächlich für industrielle Druckvorgänge eingesetzt, wobei der Lösungsmittelgehalt stark variiert, bis zu 95 vH. Für die meisten Druckvorgänge, insbesondere für Drucken auf Papier (vgl. Absatz 28), stehen lösungsmittelarme Tinten zur Verfügung oder werden gegenwärtig entwickelt.

79. Rund 40–60 vH der VOC-Emissionen aus Verbrauchsgütern (einschließlich Büromaterial und Autopflegeprodukten) stammen aus Aerosolen. Es gibt drei grundlegende Möglichkeiten zur Verringerung der VOC-Emissionen aus Verbrauchsgütern:

- a) Ersatz der Treibgase und Verwendung mechanischer Pumpen;
- b) Änderung der Produktzusammensetzung;
- c) Änderung der Verpackung.

80. Das Verringerungspotential der VOC-Emissionen aus Verbrauchsgütern wird auf 50 vH geschätzt.

Anhang III

Maßnahmen zur Bekämpfung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOCs) aus Straßenkraftfahrzeugen

Einleitung

1. Dieser Anhang beruht auf Angaben über die Ergebnisse und Kosten der Maßnahmen zur Emissionsbekämpfung, die in den offiziellen Unterlagen des Exekutivorgans und seiner Nebenorgane, in dem für die Arbeitsgruppe über flüchtige organische Verbindungen ausgearbeiteten Bericht „Flüchtige organische Verbindungen aus Straßenfahrzeugen – Quellen und Verringerungsmöglichkeiten“ und in den Unterlagen des ECE-Binnenverkehrsausschusses und seiner Nebenorgane (insbesondere den Dokumenten TRANS/SC1/WP.29/R. 242, 486 und 506) enthalten sind, sowie auf zusätzliche Angaben, die von den durch die Regierungen bestellten Sachverständigen zur Verfügung gestellt wurden.

2. Da sich fortlaufend neue Erfahrungen mit neuen Fahrzeugen, die mit emissionsarmer Technologie ausgestattet sind, und mit der Entwicklung alternativen Treibstoffe sowie mit der Nachrüstung und anderen Strategien für vorhandene Fahrzeuge ergeben, wird es notwendig sein, diesen Anhang in regelmäßigen Abständen zu überarbeiten und zu ändern. Der Anhang kann keine erschöpfende Auskunft über technische Möglichkeiten geben; er soll den Vertragsparteien vielmehr eine Orientierungshilfe bei der Erkennung wirtschaftlich vertretbarer Technologien geben, damit sie ihre Verpflichtungen aus dem Protokoll erfüllen können. Bis andere Angaben verfügbar werden, wird in diesem Anhang nur auf Straßenfahrzeuge eingegangen.

I. Hauptquellen von VOC-Emissionen aus Kraftfahrzeugen

3. Die Quellen von VOC-Emissionen aus Kraftfahrzeugen wurden unterteilt in a) Auspuffemissionen, b) Verdampfungs- und Betankungsemissionen und c) Emissionen aus dem Motorgehäuse.

4. Der Straßenverkehr (ohne Berücksichtigung der Benzinverteilung) ist eine der Hauptquellen anthropogener VOC-Emissionen in den meisten ECE-Ländern; sein Anteil an den gesamten vom Menschen verursachten VOC-Emissionen in der ECE-Region insgesamt beträgt zwischen 30 und 45 vH. Bei weitem die größte Quelle von VOC-Emissionen im Straßenverkehr ist das benzinbetriebene Fahrzeug, auf das 90 vH aller durch den Verkehr verursachten VOC-Emissionen entfallen (von denen 30 bis 50 vH Verdampfungsemissionen sind). Verdampfungs- und Betankungsemissionen ergeben sich in erster Linie aus der Verwendung von Benzin; im Fall des Dieseltreibstoffs werden sie als sehr gering angesehen.

II. Allgemeine Aspekte der Technologien zur Bekämpfung von VOC-Emissionen aus Straßenkraftfahrzeugen

5. Die in diesem Anhang untersuchten Kraftfahrzeuge sind Personenwagen, Kleinlastwagen, schwere Straßen-Nutzfahrzeuge, Motorräder und Mopeds.

6. Obwohl sich dieser Anhang sowohl mit neuen als auch mit bereits im Einsatz befindlichen Fahrzeugen befaßt, gilt das Hauptaugenmerk der Bekämpfung von VOC-Emissionen aus neuen Fahrzeugtypen.

7. Dieser Anhang enthält auch orientierende Informationen über den Einfluß von Änderungen in den Benzineigenschaften auf die VOC-Verdampfungsemissionen. Der Ersatz durch andere Treibstoffe [zB Erdgas, Flüssiggas (LPG), Methanol] kann ebenfalls zur Verringerung der VOC-Emissionen führen, aber diese Möglichkeit wurde in diesem Anhang nicht behandelt.

8. Die hier angegebenen Kosten für die verschiedenen Technologien sind eher geschätzte Herstellungskosten als Einzelhandelspreise.

9. Es ist wichtig, sicherzustellen, daß die Fahrzeuge ihrer Konstruktion nach die Emissionsgrenzwerte auch im Betrieb einhalten können. Dies kann dadurch geschehen, daß die Gleichförmigkeit der Produktion, die Haltbarkeit während der gesamten Lebensdauer, die Übernahme einer Garantie für die emissionsbegrenzenden Bauteile und der Rückruf mangelhafter Fahrzeuge gewährleistet werden. Für Fahrzeuge, die bereits in Gebrauch sind, kann eine kontinuierliche Einhaltung der Emissionsgrenzwerte auch durch ein wirksames Inspektions- und Wartungsprogramm und durch Maßnahmen gegen Manipulationen und falsches Tanken gewährleistet werden.

10. Emissionen aus Fahrzeugen, die bereits in Gebrauch sind, können durch Programme wie Verringerung der Treibstoffflüchtigkeit, wirtschaftliche Anreize zur Förderung der beschleunigten Einführung der gewünschten Technologie, nur gering mit Sauerstoff angereicherte Treibstoffgemische sowie Nachrüstung verringert werden. Die Verringerung der Treibstoffflüchtigkeit ist die wirksamste Einzelmaßnahme zur Verringerung von VOC-Emissionen aus Fahrzeugen, die bereits in Gebrauch sind.

11. Technologien, die den Einsatz von Katalysatoren vorsehen, erfordern die Verwendung unverbleiten Treibstoffs. Aus diesem Grund sollte unverbleitetes Benzin überall verfügbar sein.

12. Maßnahmen zur Verringerung von VOC und anderen Emissionen durch die Beeinflussung des innerstädtischen und des Fernverkehrs sind als wirksames zusätzliches Mittel zur Verringerung von VOC-Emissionen wichtig, auch wenn in diesem Anhang nicht näher auf sie eingegangen wird. Die wichtigsten verkehrsbeeinflussenden Maßnahmen haben die Verbesserung der Aufteilung auf die verschiedenen Verkehrsarten durch taktische, strukturelle, finanzielle und restriktive Mittel zum Ziel.

13. VOC-Emissionen aus Kraftfahrzeugen, die keiner Maßnahme zur Emissionsbegrenzung unterliegen, enthalten beträchtliche Mengen toxischer Verbindungen, von denen einige bekanntermaßen karzinogen wirken. Durch die Anwendung von Technologien zur Verringerung der VOC-Emissionen (Auspuff-, Verdampfungs- und Betankungsemissionen sowie Emissionen aus dem Motorgehäuse) werden diese toxischen Emissionen im großen und ganzen in demselben Maß verringert wie die VOC-Emissionen. Das Niveau der toxischen Emissionen kann auch dadurch herabgesetzt werden, daß bestimmte Treibstoffparameter geändert werden (zB Verringerung des Benzolanteils im Benzin).

III. Technologien zur Bekämpfung der Auspuffemissionen

a) Benzinbetriebene Personenwagen und Kleinlastwagen

14. Die wichtigsten Technologien zur Bekämpfung der VOC-Emissionen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

15. Vergleichsgrundlage in Tabelle 1 ist die Technologieoption B, die eine Technologie ohne Verwendung von Katalysatoren darstellt, welche auf Grund der Vorschriften der Vereinigten Staaten für 1973/1974 bzw. der ECE-Regelung 15-04 in Übereinstimmung mit dem Übereinkommen von 1958 über die Annahme einheitlicher Bedingungen für die Genehmigung der Ausrüstungsgegenstände und Teile von Kraftfahrzeugen und über die gegenseitige Anerkennung der Genehmigung konzipiert wurde. In der Tabelle sind auch die erreichbaren Emissionswerte für geregelte und ungeregelte Katalysatoren sowie deren Auswirkungen auf die Kosten angegeben.

16. Die Werte „ohne Emissionsverringerung“ unter Buchstabe A in Tabelle 1 beziehen sich auf die Lage in der ECE-Region im Jahr 1970, können aber in bestimmten Gebieten auch heute noch zutreffen.

17. Die Emissionswerte in Tabelle 1 geben Emissionen an, die mit Standardtestverfahren gemessen wurden. Emissionen aus Fahrzeugen auf der Straße können erhebliche Abweichungen aufweisen, unter anderem auf Grund der Umgebungstemperatur, der Betriebsbedingungen, der Treibstoffeigenschaften und der Wartung der Fahrzeuge. Das in Tabelle 1 angegebene Verringerungspotential wird jedoch als repräsentativ für die im Betrieb erreichbaren Verringerungen angesehen.

18. Die beste gegenwärtig verfügbare Technologie ist in Option D enthalten. Durch diese Technologie wird eine starke Verringerung der VOC-, CO- und NO_x-Emissionen erreicht.

19. Auf Grund der Reglementierungsprogramme zur weiteren Verringerung der VOC-Emissionen (zB in Kanada und den Vereinigten Staaten) werden verfeinerte geregelte Dreiwegekatalysatoren entwickelt (Option E). Diese Verbesserungen konzentrieren sich auf leistungsfähigere Motorbetriebsysteme, verbesserte Katalysatoren, Diagnosesysteme im Fahrzeug und andere Entwicklungen. Diese Systeme werden Mitte der neunziger Jahre die beste verfügbare Technologie darstellen.

20. Eine besondere Kategorie bilden die Fahrzeuge mit Zweitaktmotoren, die in einigen Teilen Europas verwendet werden; diese Fahrzeuge verursachen gegenwärtig sehr hohe VOC-Emissionen. Die Kohlenwasserstoffemissionen aus Zweitaktmotoren liegen nach dem europäischen Fahrzyklus in der Regel zwischen 45,0 und 75,0 Gramm je Test. Gegenwärtig werden Versuche unternommen, diesen Motor zu ändern und mit einem Katalysator auszustatten. In bezug auf das Verringerungspotential und die Dauerhaltbarkeit dieser Lösungen müssen noch Daten gewonnen werden. Außerdem werden gegenwärtig verschiedene Typen von Zweitaktmotoren entwickelt, die einen geringeren Emissionsausstoß haben.

Tabelle 1

Technologien zur Bekämpfung von Auspuffemissionen für benzinbetriebene Personenwagen und Kleinlastwagen

Technologieoption	Emissionswerte (vH)		Kosten *) (US-\$)
	Viertaktmotoren	Zweitaktmotoren	
A. Zustand ohne Emissionsverringerung	400	900	–
B. Änderungen des Motors (Motorkonstruktion, Verbrennungs- und Zündsysteme, Lufteindüsung)	100 (1,8 g/km)	–	**)
C. Ungeregelter Katalysator	50	–	150–200
D. Geregelter Dreiwegekatalysator	10–30	–	250–450 ***)
E. Verfeinerter geregelter Dreiwegekatalysator	6	–	350–600 ***)

*) Schätzungen der zusätzlichen Produktionskosten je Fahrzeug in bezug auf die Technologieoption B.

**) Kosten für Motoränderungen von Option A nach B werden auf 40 bis 100 US-\$ geschätzt.

***) Mit den Technologieoptionen D und E werden zusätzlich zu den VOC-Emissionen auch die CO- und NO_x-Emissionen verringert. Die Technologieoptionen B und C können auch zu einer gewissen Verringerung der CO- und/oder NO_x-Werte führen.

b) Dieselbetriebene Personenwagen und Lastkraftwagen

21. Dieselbetriebene Personenwagen und Kleinlastwagen verursachen sehr geringe VOC-Emissionen, im allgemeinen weniger als benzinbetriebene Fahrzeuge mit geregeltem Katalysator. Allerdings sind ihre Partikel- und NO_x-Emissionen höher.

22. Auf Grund ihrer allgemein niedrigen VOC-Emissionswerte werden gegenwärtig für dieselbetriebene schwere Nutzfahrzeuge in keinem ECE-Land strenge Programme zur Bekämpfung von

VOC-Auspuffemissionen durchgeführt. In vielen Ländern gibt es jedoch Programme zur Bekämpfung der Partikelemissionen aus Dieselfahrzeugen, und diese für die Bekämpfung der Partikelemissionen eingesetzte Technologie (zB Verbesserungen der Verbrennungskammer und des Einspritzsystems) führt letztlich auch zu einer Verminderung der VOC-Emissionen.

23. Die Werte für VOC-Auspuffemissionen bei dieselbetriebenen schweren Nutzfahrzeugen werden infolge eines strengen Programms zur Bekämpfung der Partikelemissionen voraussichtlich um zwei Drittel gesenkt werden.

24. Die VOC-Emissionen aus Dieselmotoren unterscheiden sich von denen in Benzinmotoren.

c) Motorräder und Mopeds

25. Die Technologien zur Bekämpfung von VOC-Emissionen bei Motorrädern sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die gegenwärtigen ECE-Vorschriften (R. 40) können in der Regel eingehalten werden, ohne daß Verringerungstechnologien nötig sind. Auf Grund der zukünftigen österreichischen und schweizerischen Grenzwerte werden möglicherweise Oxidationskatalysatoren insbesondere für Zweitaktmotoren notwendig.

26. Bei Zweitaktmopeds mit einem kleinen Oxidationskatalysator läßt sich eine Verringerung der VOC-Emissionen von 90 vH bei einem zusätzlichen Produktionskostenaufwand von 30 bis 50 US-\$ erreichen. In Österreich und der Schweiz gelten bereits Grenzwerte, die eine solche Technologie erfordern.

Tabelle 2

Technologien zur Bekämpfung der Auspuffemissionen aus Motorrädern und deren Umsetzung

Technologieoption	Emissionswerte (vH)		Kosten *) (US-\$)
	Zweitaktmotoren	Viertaktmotoren	
A. Ohne Emissionsverringierung	400 (9,6 g/km)	100 (2 g/km)	–
B. Beste Technologie ohne Einsatz von Katalysatoren	200	60	–
C. Oxidationskatalysator, Zusatzluftzufuhr	30–50	20	50
D. Geregelter Dreiwegkatalysator	entfällt	10 **)	350

*) Schätzungen der zusätzlichen Produktionskosten je Fahrzeug.

**) Voraussichtlich bis 1991 für einige bestimmte Motorradtypen verfügbar (Prototypen sind bereits gebaut und getestet).

IV. Technologien zur Bekämpfung der Verdampfungs- und Betankungsemissionen

27. Verdampfungsemissionen bestehen aus Treibstoffdämpfen aus dem Motor und dem Treibstoffsystem. Sie zerfallen in a) tägliche Emissionen, die sich aus dem „Atmen“ des Treibstofftanks ergeben, wenn dieser im Lauf eines Tages erwärmt wird und sich wieder abkühlt, b) Verlustemissionen, die durch die Hitze des Motors nach dem Abstellen verursacht werden, c) laufende Verluste aus dem Treibstoffsystem, während das Fahrzeug in Betrieb ist, und d) Ruheverluste, zB aus unten offenen Kanistern (soweit verwendet) und durch bestimmte für das Treibstoffsystem verwendete Plastikmaterialien, die zu Permeationsverlusten führen, bei denen das Benzin langsam das Material durchdringt.

28. Die üblicherweise zur Verringerung der Verdampfungsemissionen aus benzinbetriebenen Fahrzeugen eingesetzte Technologie umfaßt einen Aktivkohlekanister (mit entsprechenden Anschlüssen) und ein Reinigungssystem, um die flüchtigen organischen Verbindungen geregelt im Motor zu verbrennen.

29. Die in den Vereinigten Staaten gewonnenen Erfahrungen mit derzeitigen Programmen zur Verringerung der Verdampfungsemissionen zeigen, daß die Systeme zur Verringerung dieser Emissionen nicht das gewünschte Maß an Verringerung erbracht haben, insbesondere an stark ozongefährdeten Tagen. Dies ist zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Flüchtigkeit des allgemein verwendeten Benzins sehr viel höher ist als die des Benzins, das für Zulassungstests verwendet wird. Der Grund liegt aber auch in einem unzureichenden Testverfahren, das zu unzureichender Verringerungstechnologie geführt hat. Das Programm der Vereinigten Staaten zur Verringerung der Verdampfungsemissionen für die neunziger

Jahre legt das Schwergewicht auf Treibstoffe mit verringerter Flüchtigkeit für die Verwendung im Sommer und auf ein verbessertes Testverfahren, um verfeinerte Systeme zur Verringerung der Verdampfungsemissionen zu fördern und dadurch eine Verringerung der Emissionen aus den vier in Absatz 27 genannten Emissionsquellen herbeizuführen. Für Länder mit hochflüchtigem Benzin ist die kostenwirksamste Einzelmaßnahme die Verringerung der Flüchtigkeit des allgemein verwendeten Benzins.

30. Grundsätzlich muß eine wirksame Verringerung der Verdampfungsemissionen folgendes umfassen: a) die Verringerung der Flüchtigkeit des Benzins je nach den klimatischen Bedingungen und b) ein angemessenes Testverfahren.

31. In Tabelle 3 ist eine Liste der Verringerungsoptionen, der Verringerungspotentiale und der Kostenschätzungen enthalten, wobei Option B die beste gegenwärtig verfügbare Technologie darstellt. Option C wird bald die beste verfügbare Technologie werden und gegenüber Option B eine beträchtliche Verbesserung darstellen.

32. Die Treibstoffersparnisse auf Grund der Verringerung der Verdampfungsemissionen werden auf weniger als 2 vH geschätzt. Die Ersparnisse sind auf die höhere Energiedichte und den niedrigen Dampfdruck des Treibstoffs nach Reid (RVP) sowie auf Verbrennung statt Entlüftung aufgefangener Dämpfe zurückzuführen.

33. Grundsätzlich können Betankungsemissionen durch an den Tankstellen eingebaute Systeme (Stufe II) oder durch Systeme im Fahrzeug zurückgewonnen werden. Die Systeme an den Tankstellen beruhen auf einer praktisch erprobten Technologie, während die Systeme im Fahrzeug bislang an mehreren Prototypen untersucht wurden. Gegenwärtig wird die Sicherheit von Dampfrückgewinnungssystemen im Fahrzeug während des Betriebs untersucht. Um die Sicherheit dieser Systeme im Konstruktionsstadium zu gewährleisten, kann die gleichzeitige Entwicklung von Sicherheitsnormen angezeigt sein. Die Verringerungsmaßnahmen der Stufe II können schneller durchgeführt werden, da Tankstellen in einem bestimmten Gebiet mit solchen Systemen ausgestattet werden können. Die Verringerungsmaßnahmen der Stufe II nützen allen benzinbetriebenen Fahrzeugen, während die Systeme im Fahrzeug nur neuen Fahrzeugen nützen.

34. Obwohl Verdampfungsemissionen aus Motorrädern und Mopeds in der ECE-Region gegenwärtig keiner Verringerungsmaßnahme unterliegen, können im großen und ganzen die gleichen Technologien wie für benzinbetriebene Fahrzeuge angewandt werden.

Tabelle 3

Maßnahmen zur Bekämpfung von Verdampfungsemissionen und Verringerungspotentiale für benzinbetriebene Personenwagen und Kleinlastwagen

Technologieoptionen	VOC-Verringerungspotential (vH) ¹⁾	Kosten ²⁾ (US-\$)
A Kleiner Kanister, großzügige RVP-Grenzwerte ³⁾ , US-Testverfahren für die achtziger Jahre	< 80	20
B. Kleiner Kanister, strenge RVP-Grenzwerte ⁴⁾ , US-Testverfahren für die achtziger Jahre	80–95	20
C. Verfeinerte Systeme zur Verringerung der Verdampfungsemissionen, strenge RVP-Grenzwerte ⁴⁾ , US-Testverfahren für die neunziger Jahre ⁵⁾	> 95	33

¹⁾ Verglichen mit dem Zustand ohne Emissionsverringern.

²⁾ Schätzungen der zusätzlichen Produktionskosten je Fahrzeug.

³⁾ Dampfdruck nach Reid.

⁴⁾ Auf der Grundlage von US-Daten, wobei ein RVP-Grenzwert von 62 kPa während der warmen Jahreszeit bei einem Kostenaufwand von 0,0038 US-\$ je Liter zugrunde gelegt wird. Unter Berücksichtigung der Treibstoffeinsparung, die mit dem Einsatz von Benzin mit niedrigem RVP-Wert verbunden ist, betragen die geschätzten bereinigten Kosten 0,0012 US-\$ je Liter.

⁵⁾ Das US-Testverfahren für die neunziger Jahre wird ausgelegt für eine wirksame Verringerung von verschiedenen täglichen Emissionen, Verlusten während des Betriebs, Emissionen beim Betrieb in hoher Umgebungstemperatur, Verlustemissionen nach längerem Betrieb und Ruheverlusten.

Anhang IV**Klassifizierung flüchtiger organischer Verbindungen (VOCs) auf der Grundlage ihres photochemischen Ozonbildungspotentials (POCP)**

1. In diesem Anhang werden die zur Verfügung stehenden Informationen zusammengefaßt und die Elemente bestimmt, die als Anleitung für die durchzuführenden Arbeiten noch entwickelt werden müssen. Die Grundlage bilden Informationen über Kohlenwasserstoffe und Ozonbildung in zwei für die Arbeitsgruppe für flüchtige organische Verbindungen erarbeiteten Berichten (EB.AIR/WG.4/R. 11 und R. 13), die Ergebnisse weiterer Forschungsarbeiten, die insbesondere in Deutschland, Kanada, den Niederlanden, Österreich, Schweden, den Vereinigten Staaten von Amerika, dem Vereinigten Königreich und dem EMEP Meteorological Synthesizing Centre-West (NSC-W) durchgeführt wurden, sowie zusätzliche Informationen, die von den durch die Regierungen bestellten Sachverständigen zur Verfügung gestellt wurden.

2. Der POCP-Lösungsansatz soll letztlich eine Orientierung für regionale und nationale Strategien zur Bekämpfung flüchtiger organischer Verbindungen (VOCs) geben, wobei der Einfluß jeder VOC-Art sowie der sektorspezifischen VOC-Emissionen auf die episodische Ozonbildung, ausgedrückt als photochemisches Ozonbildungspotential (POCP), zu berücksichtigen ist, das Ozonbildungspotential ist definiert als die Änderung der photochemischen Ozoneerzeugung infolge einer Änderung der Emission dieser bestimmten VOC-Art. Das photochemische Ozonbildungspotential kann bestimmt werden durch photochemische Modellrechnungen oder durch Laborversuche. Es dient dazu, die verschiedenen Aspekte bei der episodischen Bildung von Oxidantien darzustellen, zB Ozonspitzen oder verstärkte Ozoneerzeugung während einer bestimmten Episode.

3. Das Konzept des photochemischen Ozonbildungspotentials wird hier eingeführt, weil bestimmte flüchtige organische Verbindungen für die episodische Ozoneerzeugung von sehr unterschiedlicher Bedeutung sind. Charakteristisch ist dabei, daß jede flüchtige organische Verbindung in Gegenwart von Sonnenlicht und Stickstoffoxiden Ozon auf ähnliche Weise erzeugt, selbst wenn die Umstände, unter denen Ozon erzeugt wird, große Unterschiede aufweisen.

4. Verschiedene photochemische Modellrechnungen zeigen, daß eine beträchtliche Verringerung der VOC- und NO_x -Emissionen notwendig ist (in einer Größenordnung von über 50 vH), um eine deutliche Ozonverringerung zu erreichen. Außerdem werden die Höchstkonzentrationen von Ozon in Bodennähe bei einer Verringerung der VOC-Emissionen unterproportional verringert. Diese Wirkung wird im Grundsatz durch theoretische Szenarioberechnungen verdeutlicht. Wenn die anthropogenen VOC-Emissionen außer Methan um 50 vH (Masse), dh. alle VOC-Arten im gleichen Verhältnis verringert werden, verringern sich die Ozonhöchstwerte (über 75 ppb 1-Stunden-Mittelwert) in Europa je nach vorhandenem Ozonniveau nur um 10 bis 15 vH. Dagegen würde nach den Berechnungen eine 50prozentige Verringerung (Masse) der Emissionen der wichtigsten anthropogenen VOC-Arten außer Methan (bestimmt nach dem photochemischen Ozonbildungspotential und den Massenwerten oder der Reaktivität) zu einer 20- bis 30prozentigen Verringerung der episodischen Ozonspitzenkonzentration führen. Dies bestätigt die Vorteile eines POCP-Lösungsansatzes bei der Festlegung der Prioritäten für die Bekämpfung der VOC-Emissionen und zeigt deutlich, daß flüchtige organische Verbindungen zumindest in große Kategorien entsprechend ihrer Bedeutung bei der episodischen Ozonbildung eingeordnet werden können.

5. Die POCP-Werte und die Reaktivitätsskalen wurden als Schätzwerte berechnet, wobei jeweils ein bestimmtes Szenarium (zB Anstieg und Rückgang der Emissionen, Luftmassentrajektorien) zugrunde gelegt und auf ein bestimmtes Ziel ausgerichtet wurde (zB Ozonspitzenkonzentration, integriertes Ozon, durchschnittliches Ozon). Die POCP-Werte und die Reaktivitätsskalen hängen von chemischen Mechanismen ab. Natürlich gibt es zwischen den verschiedenen POCP-Schätzungen Unterschiede, die in einigen Fällen mehr als 400 vH betragen können. Die POCP-Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren je nach Ort und Zeit. Um ein Beispiel zu nennen: Das berechnete photochemische Ozonbildungspotential von Ortho-xylol in der sogenannten „Frankreich-Schweden“-Trajektorie hat einen Wert von 41 am ersten Tag und einen Wert von 97 am fünften Tag des Transportzeitraums. Nach den Berechnungen des Meteorological Synthesizing Centre-West (MSC-W) des EMEP variiert das photochemische Ozonbildungspotential von Ortho-xylol für O_3 oberhalb von 60 ppb zwischen 54 und 112 (5 bis 95 Perzentile) für die Rasterfelder des EMEP-Gebiets. Die Unterschiedlichkeit der photochemischen Ozonbildungspotentiale je nach Ort und Zeit ist nicht nur auf die Zusammensetzung der Luftmasse in bezug auf anthropogene VOC-Emissionen zurückzuführen, sondern ist auch ein Ergebnis der Schwankungen der meteorologischen Bedingungen. In der Tat kann jede reaktive flüchtige organische Verbindung je nach den NO_x - und VOC-Konzentrationen sowie den meteorologischen

Parametern in größerem oder geringerem Umfang zur episodischen Bildung photochemischer Oxidantien beitragen. Kohlenwasserstoffe mit sehr geringer Reaktivität wie Methan, Methanol, Ethan und einige Chlorkohlenwasserstoffe spielen in diesem Prozeß praktisch keine Rolle. Es gibt außerdem Unterschiede auf Grund unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen zwischen bestimmten Tagen und über Europa als Ganzes. Die POCP-Werte hängen implizit davon ab, wie die Emissionskataster berechnet werden, Gegenwärtig gibt es keine für ganz Europa einheitliche Methode und einheitlichen Informationen. Sicherlich muß die POCP-Methode noch verbessert werden.

6. Natürliche Isopren-Emissionen von Laubbäumen können zusammen mit Stickstoffoxiden (NO_x), die hauptsächlich aus anthropogenen Quellen stammen, bei warmem Sommerwetter in Gebieten mit großem Laubbaumbestand erheblich zur Ozonbildung beitragen.

7. In Tabelle 1 werden die VOC-Arten entsprechend ihrer Bedeutung bei der Erzeugung episodischer Ozonspitzenkonzentrationen in Gruppen zusammengefaßt. Drei Gruppen wurden ausgewählt. Die Bedeutung in Tabelle 1, wird auf der Grundlage der VOC-Emissionen je Einheitsmasse ausgedrückt. Einige Kohlenwasserstoffe wie n-Butan haben auf Grund ihrer Massenemission Bedeutung erlangt, obwohl sie gemessen an ihrer OH-Reaktivität nicht sehr bedeutend erscheinen mögen.

Tabelle 1

Einteilung der flüchtigen organischen Verbindungen in drei Gruppen entsprechend ihrer Bedeutung bei der episodischen Ozonbildung

Relativ bedeutend

Alkene	
Aromatische Substanzen	
Alkane	> C6 Alkane außer 2,3 Dimethylpentan
Aldehyde	Alle Aldehyde außer Benzaldehyd
Biogene Stoffe	Isopren

Weniger bedeutend

Alkane	C3–C5 Alkane und 2,3 Dimethylpentan
Ketone	Methylethylketon und Methyl t-Butylketon
Alkohole	Ethanol
Ester	Alle Ester außer Methylacetat

Unbedeutend

Alkane	Methan und Ethan
Alkine	Acetylen
Aromatische Substanzen	Benzol
Aldehyde	Benzaldehyd
Ketone	Aceton
Alkohole	Methanol
Ester	Methylacetat
Chlorkohlenwasserstoffe	Methylchloroform
	Methylenchlorid
	Trichlorethylen und Tetrachlorethylen

8. Aus den Tabellen 2 und 3 geht die Auswirkung einzelner flüchtiger organischer Verbindungen hervor, ausgedrückt als Index im Verhältnis zu der Auswirkung einer bestimmten Art (Ethylen), die mit dem Index 100 versehen wird. Diese Tabellen zeigen, wie anhand solcher Indizes, dh. anhand der photochemischen Ozonbildungspotentiale, die Auswirkung verschiedener Verringerungen von VOC-Emissionen abgeschätzt werden kann.

9. Tabelle 2 weist das mittlere photochemische Ozonbildungspotential für jede größere Kategorie von Quellen auf der Grundlage einer zentralen POCP-Schätzung für jede VOC-Art in jeder Kategorie von Quellen aus. Für diese Zusammenstellung und Darstellung wurden Emissionskataster verwendet, die unabhängig voneinander im Vereinigten Königreich und Kanada erstellt wurden. Bei vielen Quellen, zB Kraftfahrzeugen, Feuerungsanlagen und zahlreichen industriellen Prozessen, werden Kohlenwasserstoffgemische emittiert. Maßnahmen, durch die spezifisch diejenigen flüchtigen organischen Verbindungen verringert werden, die sich im Rahmen der POCP-Methode als besonders reaktiv erwiesen haben, stehen in den meisten Fällen nicht zur Verfügung. In der Praxis führen die meisten möglichen

Verringerungsmaßnahmen zu einer Verringerung der Emissionen nach der Masse, unabhängig von ihrem photochemischen Ozonbildungspotential.

10. In Tabelle 3 werden eine Reihe verschiedener Gewichtungssysteme für ein ausgewähltes Spektrum von VOC-Arten verglichen. Bei der Festlegung von Prioritäten innerhalb eines nationalen Programms zur Bekämpfung flüchtiger organischer Verbindungen können eine Reihe von Indizes verwendet werden, die sich auf bestimmte flüchtige organische Verbindungen beziehen. Die einfachste, aber auch am wenigsten wirksame Methode besteht darin, die relative Massenemission oder die relative Umgebungskonzentration in den Mittelpunkt zu stellen.

11. Die relative Gewichtung auf der Grundlage der OH-Reaktivität geht auf einige – aber bei weitem nicht alle – wichtigen Aspekte der atmosphärischen Reaktionen ein, durch die Ozon in Gegenwart von NO, und Sonnenlicht gebildet wird. Die vom SAPRC (Statewide Air Pollution Research Centre) vorgenommenen Gewichtungen beziehen sich auf die Lage in Kalifornien. Auf Grund der unterschiedlichen Modellbedingungen im Becken von Los Angeles und in Europa ergeben sich größere Unterschiede für das Verhalten photochemisch labiler Arten wie zB Aldehyd. Die photochemischen Ozonbildungspotentiale, die anhand photochemischer Modelle in den Niederlanden, Schweden, den Vereinigten Staaten von Amerika, dem Vereinigten Königreich und von EMEP (MSC-W) berechnet wurden, gehen auf verschiedene Aspekte des Ozonproblems in Europa ein.

12. Einige der weniger reaktiven Lösungsmittel verursachen andere Probleme; beispielsweise sind sie außerordentlich schädlich für die menschliche Gesundheit, schwierig zu handhaben, persistent und können in anderen Schichten der Atmosphäre negative Umweltauswirkungen haben (zB in der freien Troposphäre oder der Stratosphäre). In vielen Fällen besteht die beste verfügbare Technologie zur Verringerung von Lösungsmittlemissionen in der Anwendung von Systemen, die keine Lösungsmittel verwenden.

13. Für jede kostenwirksame Strategie zur Bekämpfung flüchtiger organischer Verbindungen und insbesondere für Strategien auf der Grundlage der POCP-Methode sind zuverlässige Kataster über die VOC-Emissionen unerlässlich. Die nationalen VOC-Emissionen sollten deshalb nach Sektoren, zumindest aber entsprechend den Richtlinien des Exekutivorgans, angegeben werden und sollten soweit wie möglich durch Angaben über die Arten und die zeitlichen Schwankungen der Emissionen ergänzt werden.

Tabelle 2

Sektorspezifische photochemische Ozonbildungspotentiale der verschiedenen Emissionsektoren und Prozentsatz (Masse) der flüchtigen organischen Verbindungen in jeder Ozonbildungs-kategorie

Sektor	Sektorspezifisches photochemisches Ozonbildungspotenzial		Masse in Prozenten in jeder Ozonbildungs-kategorie			
	Kanada	Vereinigtes Königreich	relativ	weniger	unbedeutend	unbekannt
			bedeutend			
Abgase aus benzinbetriebenen Fahrzeugen	63	61	76	16	7	1
Abgase aus dieselmotortriebenen Fahrzeugen	60	59	38	19	3	39
Verdampfung aus benzinbetriebenen Fahrzeugen	–	51	57	29	2	12
Andere Verkehrsmittel	63	–	–	–	–	–
Ortsfeste Verbrennung	–	54	34	24	24	18
Verwendung von Lösungsmitteln	42	40	49	26	21	3
Oberflächenbeschichtung	48	51	–	–	–	–
Emissionen aus industriellen Prozessen	45	32	4	41	0	55
Industriechemikalien	70	63	–	–	–	–
Erdölraffinerie und -verteilung	54	45	55	42	1	2

Sektor	Sektorspezifisches photochemisches Ozonbildungspotenzial		Masse in Prozenten in jeder Ozonbildungs-kategorie			
	Kanada	Vereinigtes Königreich	relativ	weniger	unbedeutend	unbekannt
			bedeutend			
Erdgasleckagen	–	19	24	8	66	2
Landwirtschaft	–	40	–	–	100	–
Kohleabbau	–	0	–	–	100	–
Hausmülldeponien	–	0	–	–	100	–
Chemische Reinigung	29	–	–	–	–	–
Holzverbrennung	55	–	–	–	–	–
Brandrodung	58	–	–	–	–	–
Nahrungsmittelindustrie	–	37	–	–	–	–

Tabelle 3

Vergleich zwischen den Gewichtungssystemen (ausdrückt im Verhältnis zu Ethylen, Ethylen = 100) für 85 Arten flüchtiger organischer Verbindungen

Flüchtige organische Verbindung	OH Skala [a]	Kanada nach Masse [b]	SAPRC MIR [c]	Vereinigtes Königreich		Schweden		EMEP [h]	LOTOS [i]
				POCP [d]	Bandbreite [e]	max. Diff. [f]	0–4 Tage [g]		
Methan	0,1	–	0	0,7	0– 3	–	–	–	–
Ethan	3,2	91,2	2,7	8,2	2– 30	17,3	12,6	5– 24	6– 25
Propan	9,3	100	6,2	42,1	16–124	60,4	50,3	–	–
n-Butan	15,3	212	11,7	41,4	15–115	55,4	46,7	22– 85	25– 87
i-Butan	14,2	103	15,7	31,5	19– 59	33,1	41,1	–	–
n-Pentan	19,4	109	12,1	40,8	9–105	61,2	29,8	–	–
i-Pentan	18,8	210	16,2	29,6	12– 68	36,0	31,4	–	–
n-Hexan	22,5	71	11,5	42,1	10–151	78,4	45,2	–	–
2-Methylpentan	22,2	100	17,0	52,4	19–140	71,2	52,9	–	–
3-Methylpentan	22,6	47	17,7	43,1	11–125	64,7	40,9	–	–
2,2-Dimethylbutan	10,5	–	7,5	25,1	12– 49	–	–	–	–
2,3-Dimethylbutan	25,0	–	13,8	38,4	25– 65	–	–	–	–
n-Heptan	25,3	41	9,4	52,9	13–165	79,1	51,8	–	–
2-Methylhexan	18,4	21	17,0	49,2	11–159	–	–	–	–
3-Methylhexan	18,4	24	16,0	49,2	11–157	–	–	–	–
n-Octan	26,6	–	7,4	49,3	12–151	69,8	46,1	–	–
2-Methylheptan	26,6	–	16,0	46,9	12–146	69,1	45,7	–	–
n-Nonan	27,4	–	6,2	46,9	10–148	63,3	35,1	–	–
2-Methyloctan	27,3	–	13,2	50,5	12–147	66,9	45,4	–	–
n-Decan	27,6	–	5,3	46,4	8–156	71,9	42,2	–	–
2-Methylnonan	27,9	–	11,7	44,8	8–153	71,9	42,3	–	–
n-Undecan	29,6	21	4,7	43,6	8–144	66,2	38,6	–	–
n-Duodecan	28,4	–	4,3	41,2	7–138	57,6	31,1	–	–
Methylcyclohexan	35,7	18	22,3	–	–	40,3	38,6	–	–
Methylenchlorid	–	–	–	1	0– 3	0	0	–	–
Chloroform	–	–	–	–	–	0,7	0,4	–	–
Methylchloroform	–	–	–	0,1	0– 1	0,2	0,2	–	–
Trichlorethylen	–	–	–	6,6	1– 13	8,6	11,1	–	–
Tetrachlorethylen	–	–	–	0,5	0– 2	1,4	1,4	–	–
Allylchlorid	–	–	–	–	–	56,1	48,3	–	–

Flüchtige organische Verbindung	OH Skala [a]	Kanada nach Masse [b]	SAPRC MIR [c]	Vereinigtes Königreich		Schweden		EMEP [h]	LOTOS [i]
				POCP [d]	Bandbreite [e]	max. Diff. [f]	0–4 Tage [g]		
Methanol	10,9	–	7	12,3	9– 21	16,5	21,3	–	–
Ethanol	25,5	–	15	26,8	4– 89	44,6	22,5	9– 58	20– 71
i-Propanol	30,6	–	7	–	–	17,3	20,3	–	–
Butanol	38,9	–	30	–	–	65,5	21,4	–	–
i-Butanol	45,4	–	14	–	–	38,8	25,5	–	–
Ethylenglycol	41,4	–	21	–	–	–	–	–	–
Propylenglycol	55,2	–	18	–	–	–	–	–	–
But-2-diol	–	–	–	–	–	28,8	6,6	–	–
Dimethylether	22,3	–	11	–	–	28,8	34,3	–	–
Methyl-t-butylether	11,1	–	8	–	–	–	–	–	–
Ethyl-t-butylether	25,2	–	26	–	–	–	–	–	–
Aceton	1,4	–	7	17,8	10– 27	17,3	12,4	–	–
Methylethylketon	5,5	–	14	47,3	17– 80	38,8	17,8	–	–
Methyl-i-butylketon	–	–	–	–	–	67,6	31,8	–	–
Methylacetat	–	–	–	2,5	0– 7	5,8	6,7	–	–
Ethylacetat	–	–	–	21,8	11– 56	29,5	29,4	–	–
i-Propylacetat	–	–	–	21,5	14– 36	–	–	–	–
n-Butylacetat	–	–	–	32,3	14– 91	43,9	32,0	–	–
i-Butylacetat	–	–	–	33,2	21– 59	28,8	35,3	–	–
Methylpropylen-glycolether	–	–	–	–	–	77,0	49,1	–	–
Methylpropylen-glycoletheracetat	–	–	–	–	–	30,9	15,7	–	–
Ethylen	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Propylen	217	44	125	103	75–163	73,4	59,9	69–138	55–120
1-Buten	194	32	115	95,9	57–185	79,9	49,5	–	–
2-Buten	371	–	136	99,2	82–157	78,4	43,6	–	–
1-Penten	148	–	79	105,9	40–288	72,7	42,4	–	–
2-Penten	327	–	79	93,0	65–160	77,0	38,1	–	–
2-Methyl-1-buten	300	–	70	77,7	52–113	69,1	18,1	–	–
2-Methyl-2-buten	431	24	93	77,9	61–102	93,5	45,3	–	–
3-Methyl-1-buten	158	–	79	89,5	60–154	–	–	–	–
Isobuten	318	50	77	64,3	58– 76	79,1	58,0	–	–
Isopren	515	–	121	–	–	53,2	58,3	–	–
Acetylen	10,4	82	6,8	16,8	10– 42	27,3	36,8	–	–
Benzol	5,7	71	5,3	18,9	11– 45	31,7	40,2	–	–
Toluol	23,4	218	34	56,3	41– 83	44,6	47,0	–	–
o-Xylol	48,3	38	87	66,6	41– 97	42,4	16,7	54–112	26– 67
m-Xylol	80,2	53	109	99,3	78–135	58,3	47,4	–	–
p-Xylol	49,7	53	89	88,8	63–180	61,2	47,2	–	–
Ethylbenzol	25	32	36	59,3	35–114	53,2	50,4	–	–
1,2,3-Trimethylbenzol	89	–	119	117	76–175	69,8	29,2	–	–
1,2,4-Trimethylbenzol	107	44	119	120	86–176	68,3	33,0	–	–
1,2,5-Trimethylbenzol	159	–	140	115	74–174	69,1	33,0	–	–
o-Ethyltoluol	35	–	96	66,8	31–130	59,7	40,8	–	–
m-Ethyltoluol	50	–	96	79,4	41–140	62,6	40,1	–	–
p-Ethyltoluol	33	–	96	72,5	36–135	62,6	44,3	–	–
n-Propylbenzol	17	–	28	49,2	25–110	51,1	45,4	–	–

Flüchtige organische Verbindung	OH Skala [a]	Kanada nach Masse [b]	SAPRC MIR [c]	Vereinigtes Königreich		Schweden		EMEP [h]	LOTOS [i]
				POCP [d]	Bandbreite [e]	max. Diff. [f]	0–4 Tage [g]		
i-Propylbenzol	18	–	30	56,5	35–105	51,1	52,3	–	–
Formaldehyd	104	–	117	42,1	22– 58	42,4	26,1	–	–
Acetaldehyd	128	–	72	52,7	33–122	53,2	18,6	–	–
Propionaldehyd	117	–	87	60,3	28–160	65,5	17,0	–	–
Butyraldehyd	124	–	–	56,8	16–160	64,0	17,1	–	–
i-Butyraldehyd	144	–	–	63,1	38–128	58,3	30,0	–	–
Valeraldehyd	112	–	–	68,6	0–268	61,2	32,1	–	–
Acrolein	–	–	–	–	–	120,1	82,3	–	–
Benzaldehyd	43	–	–10	–33,4	–82– (–12)	–	–	–	–

[a] Koeffizient von OH + VOC-Quote, dividiert durch das Molekulargewicht.

[b] VOC-Umgebungskonzentration an 18 Orten in Kanada, ausgedrückt auf der Grundlage der Masse.

[c] Maximale zusätzliche Reaktivität (MIR) auf der Grundlage kalifornischer Szenarien, Statewide Air Pollution Research Centre, Los Angeles, USA.

[d] Mittleres photochemisches Ozonbildungspotential auf der Grundlage von 3 Szenarien und 9 Tagen, Bundesrepublik Deutschland–Irland, Frankreich–Schweden und Vereinigtes Königreich.

[e] Bandbreite der photochemischen Ozonbildungspotentiale auf der Grundlage von 3 Szenarien und 11 Tagen.

[f] Photochemische Ozonbildungspotentiale, berechnet für eine einzige Quelle in Schweden, an der maximale Ozonunterschiede auftreten.

[g] Photochemische Ozonbildungspotentiale, berechnet für eine einzige Quelle in Schweden, unter Anwendung einer mittleren Ozondifferenz über 4 Tage.

[h] Bandbreite (5. bis 95. Perzentil) von photochemischen Ozonbildungspotentialen, berechnet über dem EMEP-Raster.

[i] Bandbreite (20. bis 80. Perzentil) von photochemischen Ozonbildungspotentialen, berechnet über dem LOTOS-Raster.

$$\text{Photochemisches Ozonbildungspotential} = \frac{(a)}{(b)} : \frac{(c)}{(d)} \times 100$$

wobei (a) – Änderung der Bildung photochemischer Oxidantien auf Grund einer Änderung einer VOC-Emission

(b) – Integrierte VOC-Emissionen bis zu diesem Zeitpunkt

(c) – Änderung der Bildung photochemischer Oxidantien auf Grund einer Änderung der Ethylen-Emissionen

(d) – Integrierte Ethylen-Emissionen bis zu diesem Zeitpunkt

Es handelt sich um eine Größe, die aus einem photochemischen Ozonmodell abgeleitet ist, in dem die photochemische Ozonerzeugung bei Vorhandensein eines einzelnen Kohlenwasserstoffs und ohne einen solchen Kohlenwasserstoff untersucht wurde. Der Unterschied in den Ozonkonzentrationen zwischen zwei solchen Modellrechnungen ist ein Maßstab für den Beitrag, den flüchtige organische Verbindungen zur Ozonbildung leisten.

DECLARATION

in respect of article 2, paragraph 2, of the protocol:

“With regard to article 2 (basic obligations) Austria declares to be bound by the provisions of para 2 (a). Furthermore, Austria chooses the year 1988 as a base year with respect to para 2 (a).”

(Übersetzung)

ERKLÄRUNG

in bezug auf Artikel 2, Absatz 2, des Protokolls:

„In bezug auf Artikel 2 (grundsätzliche Verpflichtungen) erklärt Österreich, an die Bestimmungen von Absatz 2 (a) gebunden zu sein. Darüber hinaus wählt Österreich das Jahr 1988 als Basisjahr in bezug auf Absatz 2 (a).“

Die vom Bundespräsidenten unterzeichnete und vom Bundeskanzler gegengezeichnete Ratifikationsurkunde wurde am 23. August 1994 beim Generalsekretär der Vereinten Nationen hinterlegt; das Protokoll tritt gemäß seinem Art. 16 Abs. 1 mit 29. September 1997 in Kraft.

Nach Mitteilungen des Generalsekretärs der Vereinten Nationen haben folgende weitere Staaten das Protokoll ratifiziert, angenommen oder sind ihm beigetreten:

Dänemark (ohne Färöer-Inseln und Grönland), Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Luxemburg, Niederlande (für das Königreich Europa), Norwegen, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich (einschließlich Guernsey, Insel Man und Jersey).

Anlässlich der Hinterlegung ihrer Ratifikations-, Annahme- bzw. Beitrittsurkunde haben nachstehende Staaten folgende Erklärungen abgegeben:

Frankreich:

Verpflichtet sich, seine jährlichen nationalen VOC-Emissionen bis zum Jahr 1999 um mindestens 30 vH zu verringern, wobei das Niveau von 1988 als Basis dient (Art. 2, Abs. 2 lit. a).

Luxemburg:

Verpflichtet sich, seine jährlichen nationalen VOC-Emissionen bis zum Jahr 1999 um mindestens 30 vH zu verringern, wobei das Niveau von 1990 als Basis dient (Art. 2, Abs. 2 lit. a).

Niederlande:

Beabsichtigt, seine jährlichen nationalen VOC-Emissionen um mindestens 30 vH zu verringern, wobei das Niveau von 1988 als Basis dient.

Schweden:

Beabsichtigt, seine jährlichen nationalen VOC-Emissionen bis zum Jahr 1999 um mindestens 30 vH zu verringern, wobei das Niveau von 1988 als Basis dient.

Tschechische Republik:

Das Niveau 1990 dient als Basis für seine Verringerung der jährlichen VOC-Emissionen gemäß Art. 2 Abs. 2 lit. a.

Vereinigtes Königreich:

Beabsichtigt, seine jährlichen nationalen VOC-Emissionen um mindestens 30 vH zu verringern, wobei das Niveau von 1988 als Basis dient.

Klima