

Externe Kosten von Krebserkrankungen durch kanzerogene Luftschadstoffe

**Eine Abschätzung für die Schweiz mit besonderer
Berücksichtigung von Benzol, polyzyklischen aromatischen
Kohlenwasserstoffen und Dieselrußpartikeln**

Abhandlung
zur Erlangung des Titels
Doktorin der Naturwissenschaften
der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

Vorgelegt von
Devrim Zeynep Yetergil Kiefer
lic. rer. pol. Universität Basel
geboren am 12. Juli 1960
von Zürich

Angenommen auf Antrag von
Prof. A. Waldvogel, Referent
Prof. H. Schelbert-Syfrig, Korreferentin
Prof. H. U. Wanner, Korreferent

Zürich, 1997

ZUSAMMENFASSUNG

Luftschadstoffe führen zu Atemwegserkrankungen, beeinflussen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, erhöhen die Gesamt mortalität sowie die Krebsmorbidity. In der Aussenluft kommen manche *kanzerogene Luftschadstoffe* ubiquitär vor.

Die *externen Kosten* der verursachten Umweltschäden, d.h. diejenigen Kosten, die nicht von den Verursachern, sondern von unbeteiligten Dritten oder der Allgemeinheit getragen werden müssen, sind zu internalisieren, d.h. den Verursachern anzulasten. Eine strikte Anwendung des Verursacherprinzips hilft, Umweltschäden zu vermeiden. Oftmals ist die hierzu nötige Schätzung der externen Kosten nicht vorhanden.

In der vorliegenden Arbeit werden erstmals sowohl die *externen Kosten* des Krebsrisikos durch ubiquitäre kanzerogene Luftschadstoffe als auch das *Krebsrisiko* selber für die allgemeine Bevölkerung der Schweiz quantifiziert.

Wegen der Bedeutung der ökonomischen Bewertungsmethoden, insbesondere wenn es um Mortalitätsrisiken geht, werden diese und die offizielle schweizerische Bewertungsmethode kritisch analysiert und ein methodischer Ansatz zur Überwindung der Schwächen der schweizerischen Bewertungen ausgearbeitet.

Das Krebsrisiko schätzen wir durch Risikofunktionen (Unit Risks) in Kombination mit der spezifisch schweizerischen Bevölkerungsexposition. Wegen der Unsicherheiten der Risikoabschätzung berücksichtigen wir drei verschiedene Risikoszenarien.

Durch die Benzolbelastung der Aussenluft in der Schweiz (Bevölkerung 7.0 Millionen) resultieren im *mittleren Risikoszenario* jährlich drei Krebsfälle, einer im *best case* und fünf im *worst case* (Leukämierisiko). Durch die Belastung durch kanzerogene polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) lassen sich drei (zwei bis fünf) Krebsfälle pro Jahr schätzen (Lungenkrebs). Benzol und bestimmte PAH sind für den Menschen *gesichert kanzerogene Substanzen*.

Durch die für den Menschen *wahrscheinlich kanzerogenen* Dieselsuspiktel lassen sich pro Jahr 36 (6–201) Krebsfälle schätzen (Lungenkrebs). Dieser weite Schätzbereich resultiert aus der grossen Spannweite der Unit Risks, die um den Faktor 20 variieren, und die toxikologischen und epidemiologischen Unsicherheiten bezüglich der kanzerogenen Wirkung dieser Substanz zeigen.

Die Hochrechnung auf das Krebsrisiko durch alle in der Aussenluft vorhandenen Luftschadstoffe ergibt 60 (15–288) Krebsfälle pro Jahr. Auch hier wird der Schätzbereich durch die Unsicherheiten des Risikos von Dieselrußpartikeln dominiert. Das Krebsrisiko liegt in allen drei Risikoszenarien über dem allgemein als akzeptabel diskutierten Zusatzrisiko.

In zwei verschiedenen Kostenschätzungen werden durch den Produktivitätsverlust, zusätzliche medizinische Behandlungskosten und durch immaterielle Kosten für Opfer und Angehörige die externen Kosten *pro Krebstodesfall* auf 4.1–7.5 Mio. Fr. beziffert. Den weitaus grössten Anteil an den Kosten stellen die immateriellen Kosten mit 80% in der tieferen und 89% in der höheren Kostenschätzung dar. Geringer sind die Produktivitätsverluste, und von den Gesamtkosten her vernachlässigbar die medizinischen Behandlungskosten mit 2% bzw. 1%. Wir vertreten die obere Kostenschätzung, weil es sich beim Krebsrisiko durch kanzerogene Luftschadstoffe um ein individuell *unkontrollierbares* und *unfreiwillig* zu tragendes Risiko handelt und weil die *Akzeptierbereitschaft*, die allgemein in empirischen Studien höhere Werte liefert als die hier verwendete Zahlungsbereitschaft, das richtige Mass zur Bewertung von Mortalitätsrisiken durch Umweltschäden ist.

Die Luftbelastung in der Schweiz durch Benzol und kanzerogene PAH führt im *mittleren Risikoszenario* zu externen Kosten von jährlich 25–45 Mio. Fr., durch für den Menschen wahrscheinlich kanzerogene Dieselrußpartikel zu externen Kosten von jährlich 147–269 Mio. Franken. Die Hochrechnung auf das Krebsrisiko durch alle in der Aussenluft vorhandenen Luftschadstoffe ergibt im *mittleren Risikoszenario* externe Kosten von 245–449 Mio. Fr. pro Jahr, im *best case* von 61–112 Mio. Fr. und im *worst case* von 1.2–2.2 Mrd. Fr. pro Jahr, berechnet für das Jahr 1994.

Es lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Als politische Empfehlung folgt dringlich, dass die bezifferten externen Kosten durch ökonomische Instrumente wie Umweltabgaben, z.B. Emissionsabgaben, internalisiert werden müssen.
- Allgemein ist in *offiziellen schweizerischen Kostenbewertungen* die Bewertung der immateriellen Kosten gemäss dem vorgeschlagenen Ansatz zu revidieren.

- Weil die politische Umsetzung von Internalisierungsmassnahmen auf Widerstände stösst, gilt ein *Forschungsschwerpunkt* der Untersuchung der *politischen* Durchsetzbarkeit von ökonomischen Instrumenten.
- Als *Forschungsschwerpunkt* muss zukünftig die kanzerogene Wirkung von *Dieserusspartikeln* intensiv untersucht werden.
- Die Lücken gegenwärtiger *Immissionsmessungen* von PAH (mit Benzo[a]pyren als Leitschadstoff), (Diesel)Russspartikeln und in geringerem Ausmass von Benzol sind zu schliessen.
- Im weiteren sind technische Reduktionsmassnahmen nötig, z.B. die Reduktion des *Benzolgehalts* von Benzin auf 1 Vol.-%, die Einführung von *Partikelfiltern* bei Dieselmotoren sowie die Reduktion der Emissionen von *Feuerungen*.
- Nötig sind weiter *verkehrslenkende* und *-reduzierende* Massnahmen im Strassenverkehr.

ABSTRACT

Hazardous air pollution leads to respiratory disease, influences cardiovascular disease and increases total mortality and cancer morbidity. Some *carcinogenic air contaminants* occur everywhere in ambient air.

The *external costs* of the corresponding environmental damage, i.e. the costs that have to be paid for by the general public and not by the people who directly cause them, must be internalized, i.e. the people responsible for these costs should pay for them, according to *the polluter pays principle*. Strict application of this principle could help to avoid damage to the environment, yet the necessary estimate of external costs is often not available.

In this study the *external costs* of the cancer risk caused by ubiquitous carcinogenic air pollutants as well as the *cancer risk* itself are quantified for the general population of Switzerland for the first time.

The official Swiss valuation method and the economic valuation methods are critically analyzed because of their significance, especially where mortality risks are concerned, and a methodical approach is developed to overcome weaknesses of the Swiss valuations.

We assess the cancer risk using risk functions (unit risks) in combination with the specific Swiss population exposure. Because of the uncertainties associated with estimating risk, we consider three different risk scenarios. The content of benzene in the ambient air of Switzerland (population 7.0 million) causes three cancer cases per year in the *middle risk scenario* (leukemia risk), one in the *best case* and five in the *worst case*. Three (two–five) cancer cases are assessed to be caused by the content of carcinogenic polycyclical aromatic hydrocarbons (PAH) (lung cancer). Benzene and certain PAHs are *carcinogenic* to humans with sufficient evidence of carcinogenicity.

36 (6–201) cancer cases can be assessed to be caused by diesel carbon particles that are *probably carcinogenic* to humans (lung cancer). The wide range of the unit risks, varying by a factor of 20, shows the toxicological and epidemiological uncertainties with regard to the carcinogenic effect of this substance and this is responsible for the wide range of assessments.

The projection to the cancer risk caused by all the air pollutants in ambient air amounts to 60 (15–288) cancer cases per year. The range of assessment is again dominated by the uncertainties of the risk by diesel

carbon particles. In all three risk scenarios the cancer risk lies above the lifetime risk that is generally regarded as acceptable.

In two different cost assessments the external costs amount to 4.1–7.5 million Swiss francs *per death through cancer* caused by productivity loss, additional medical treatment and immaterial costs for victims and next of kin. The biggest share of the costs are the immaterial costs with 80% in the lower and 89% in the higher cost assessment. The share caused by the loss of productivity is smaller and, considering the total costs, the costs for medical treatment are negligible with 2% and 1% respectively. We support the higher cost assessment because the risk of cancer caused by carcinogenic air pollutants is individually *uncontrollable* and *involuntary*. Moreover, the *willingness to accept* rather than the willingness to pay used here is the correct measure for the valuation of mortality risks caused by environmental damage. The willingness to accept generally yields higher figures in empirical studies than the willingness to pay.

In the *middle risk scenario* the share of benzene and carcinogenic PAHs in the Swiss air leads to a cancer risk that results in external costs of 25–45 million Swiss francs per year, diesel carbon particles that are probably carcinogenic to humans result in external costs of 147–269 million Swiss francs per year.

The projection to the cancer risk caused by all the air pollutants in ambient air amounts to external costs of 245–449 million Swiss francs per year in the *middle risk scenario*, in the *best case scenario* they are 61–112 million and in the *worst case scenario* 1.2–2.2 billion Swiss francs per year, estimated for 1994.

The following conclusions can be drawn:

- As a *political recommendation* it is highly desirable that the external costs are internalized by economical instruments such as environmental taxes or charges, e.g. emission taxes.
- In general, the valuation of the immaterial costs in *official Swiss cost valuations* have to be revised according to the suggested approach.
- Because there is opposition to the political realization of internalization measures *research* must focus on the study of how *economic instruments* can best be achieved in *politics*.
- Future focus of *research* must be the carcinogenic effect of *diesel particles*.

- Current *immission measurements* of PAHs (with benzo(a)pyrene as the guiding pollutant), of (diesel) carbon particles and to a lesser extent of benzene are insufficient and must be improved.
- Furthermore, *technical reduction measures* are necessary, e.g. the reduction of the *benzene content* of petrol to 1 Vol.-%, the introduction of *particle filters* in diesel engines and the reduction of emissions caused by *heatings*.
- Moreover, it is also necessary to implement measurements that *direct* and *reduce* road traffic.