

lic. rer. pol. Devrim Yetergil, Zürich

Externe Kosten von Krebserkrankungen durch kanzerogene Luftschadstoffe

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

Reihe **15**: Umwelttechnik

Nr. **193**

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungen		IX
Zusammenfassung		X
Abstract		XIII
1. Einleitung		1
1.1 Zielsetzung		2
1.2 Methode und Vorgehen		2
1.3 Bedeutung der Arbeit		5
1.4 Aufbau der Arbeit		6
Teil I Krebsrisiko durch Luftschadstoffe		8
2. Luftverschmutzung als Risikofaktor für Krebserkrankungen		8
2.1 Risikofaktoren exemplarisch für den Lungenkrebs		9
2.2 Epidemiologische Studien zum Lungenkrebsrisiko durch Luftschadstoffe		11
2.3 Anteil der Luftverschmutzung am Krebsrisiko		14
2.4 Krebserzeugende Luftschadstoffe		15
2.4.1 Bewertung krebserzeugender Luftschadstoffe in den USA		16
2.4.2 Bewertung krebserzeugender Luftschadstoffe in der BRD		17
2.4.3 Auswahl zu untersuchender Luftschadstoffe		19
3. Grundlagen zur Quantifizierung des Krebsrisikos		20
3.1 Epidemiologische Studien		20
3.2 Tierversuche		22
3.3 Risikofunktionen		23
4. Kanzerogene Wirkung und Risikofunktionen für ausgewählte Luftschadstoffe		29
4.1 Benzol		30
4.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)		33
4.3 Dieselrußpartikel		38

Teil II	Immissionen kanzerogener Luftschadstoffe und Bevölkerungsexposition in der Schweiz	51
5.	Vorgehen zur Expositionsschätzung	51
6.	Immissionen und Expositionen	55
6.1	Expositionen gegenüber Benzolimmissionen	55
6.1.1	Benzolmessungen in der Schweiz	55
6.1.2	Mittlere Bevölkerungsexposition	61
6.1.3	Massnahmen zur Benzolreduktion	67
6.2	Expositionen gegenüber BaP-Immissionen	70
6.2.1	PAH- und BaP-Messungen in der Schweiz	70
6.2.2	Mittlere Bevölkerungsexposition	75
6.2.3	Massnahmen zur PAH-Reduktion	75
6.3	Expositionen gegenüber Russimmissionen	78
6.3.1	Russmessungen in der Schweiz	78
6.3.2	Mittlere Bevölkerungsexposition	83
6.3.3	Massnahmen zur Reduktion von Dieselrusspartikeln	83
6.4	Beurteilung der Immissions-Datengrundlage und notwendige Datenerhebungen	86
7.	Szenarien tiefe, mittlere und hohe Exposition	88
Teil III	Krebsrisiko durch kanzerogene Luftschadstoffe in der Schweiz	93
8.	Abschätzung des Krebsrisikos durch Benzol, PAH und Dieselrusspartikel in der Aussenluft	93
8.1	Unsicherheiten der Risikoabschätzung	93
8.2	Krebsrisiko durch Benzol	95
8.3	Krebsrisiko durch PAH	97
8.4	Krebsrisiko durch für den Menschen wahrscheinlich kanzerogene Dieselrusspartikel	99
8.5	Krebsrisiko durch Luftschadstoffe insgesamt	105
Teil IV	Bewertung der externen Kosten der Krebserkrankungen	109
9.	Methodische Grundlagen	110
9.1	Externe Kosten	110
9.2	Kosten-Nutzen-Analyse und Wohlfahrtstheorie	113
9.3	Öffentliche Güter und Nachfrage für Umweltqualität	116
9.4	Instrumente der Umweltpolitik	124

10.	Ökonomische Methoden zur Bewertung von Leben und Gesundheit	132
	10.1 Humankapital-Methode ("cost of illness")	133
	10.1.1 Ressourceneinsatz	133
	10.1.2 Produktivitätsverlust	133
	10.1.3 Mängel der Humankapital-Methode	135
	10.2 Präferenzen für Gesundheit und Leben	137
	10.2.1 Indirekte Erfassung der "bekundeten" Präferenzen und direkte Befragung zur Zahlungsbereitschaft	138
	10.2.2 Werden alle Mortalitätsrisiken gleich bewertet?	142
	10.3 Bewertung von Leben und Gesundheit in der Schweiz	149
	10.3.1 Produktionsausfall	151
	10.3.2 Immaterielle Kosten	153
	10.3.2.1 Bewertung anhand von Gerichtsurteilen	153
	10.3.2.2 Zahlungsbereitschaft zur Reduktion von Gesundheitsrisiken in der Schweiz	155
11.	Externe Kosten von Krebserkrankungen durch kanzerogene Luftschadstoffe	160
	11.1 Produktivitätsverlust	163
	11.2 Medizinische Behandlungskosten	169
	11.3 Immaterielle Kosten	176
	11.4 Nutzen bzw. Kosteneinsparungen durch vorzeitige Todesfälle?	183
	11.4.1 Einsparungen bei den Rentenleistungen?	183
	11.4.2 Einsparungen an gesundheitlichen Kosten?	184
	11.5 Externe Kosten insgesamt	186
12.	Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Massnahmen	193
	12.1 Ergebnisse	193
	12.2 Schlussfolgerungen und Massnahmen	205

Anhänge und Literaturverzeichnisse	211
Anhang Teil I	212
A.I.1 Geschätzte jährliche Krebsfälle in den USA durch Luftschadstoffe	212
A.I.2 Geschätztes Krebsrisiko durch Luftschadstoffe in Ballungsgebieten und in ländlichen Gebieten in der BRD	213
A.I.3 Qualitative Bewertung der Kanzerogenität einer Substanz durch die IARC	213
Anhang Teil II	215
A.II.1 Vergleich der PM10-Belastung geschätzt aus Immissionsmodell und aus PM10-Grundlagendaten	215
A.II.2 Ganzjährige Benzolmessungen in der Schweiz 1989–1994, gemessene und geschätzte Jahresmittelwerte	217
A.II.3 Ganzjährige Benzolmessungen im Kanton St. Gallen mit dem Passivsammler, 1990–1994	220
A.II.4 Orientierende Benzolmessungen in der Schweiz 1988–1994	222
A.II.5 Ganzjährige Benzo[a]pyren-Messungen in der Schweiz, 1991–1995	224
A.II.6 Russmessungen in Deutschland 1990–1994, mit dem coulometrischen Referenzverfahren	225
Anhang Teil IV	226
A.IV.1 Überlebensraten und durchschnittliche Überlebensdauer für Lungenkrebs und für Leukämien	226
A.IV.2 Durchschnittsalter, verlorene Arbeitsjahre und verlorene Lebensjahre bei Todesfällen durch Lungenkrebs sowie durch bösartige Tumoren der lymphatischen und blutbildenden Organe	228
Literaturverzeichnis Einleitung	230
Literaturverzeichnis Teil I	232
Literaturverzeichnis Teil II	238
Literaturverzeichnis Teil III	244
Literaturverzeichnis Teil IV	246