

LUFTREINHALTUNG '81

Entwicklung – Stand – Tendenzen

Materialien zum
Zweiten Immissionsschutzbericht
der Bundesregierung
an den Deutschen Bundestag
nach § 61 Bundes-Immissionsschutzgesetz

ERICH SCHMIDT VERLAG BERLIN

INHALT

1.	Stand und Entwicklung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen	11
1.1	Emissionen und Emittenten	12
1.1.1	Gesamtemissionen großflächig auftretender Luftverunreinigungen im Zeitraum von 1966 bis 1978	12
1.1.1.1	Emissionsverursachende Energie- und Stoffmengen	12
1.1.1.2	Emissionsfaktoren	15
1.1.1.3	Emissionen	16
1.1.2	Emissionsentwicklung in Ballungsgebieten	42
1.2	Transmission	45
1.2.1	Grundlagen und Anwendung der Ausbreitungsrechnung	45
1.2.1.1	Gauß'sche Ausbreitungsrechnung	46
1.2.1.2	Meteorologisches Vorschaltmodell und Ausbreitungsmodell für wind- schwache Wetterlagen	47
1.2.1.3	Einbeziehung chemischer Reaktionen in die Ausbreitungsrechnung	48
1.2.1.4	Modellkonzepte zur Simulation der Ausbreitung reaktiver Luftverun- reinigungen	48
1.2.2	Reaktionen von Luftverunreinigungen	51
1.2.2.1	Kinetik luftchemischer Reaktionen	51
1.2.2.2	Oxidation von SO ₂ in der Atmosphäre	51
1.2.2.2.1	SO ₂ -Oxidation beim weiträumigen Transport	51
1.2.2.2.2	SO ₂ -Oxidation in Abgasfahnen	52
1.2.2.3	Chemische Umsetzung von Stickstoffoxiden in Abgasfahnen	55
1.2.2.4	Abbau organischer Verbindungen in der Atmosphäre	56
1.2.2.5	Bildung von Oxidantien	60
1.2.2.6	Bildung von winterlichem und sommerlichem Smog	66
1.2.3	Ferntransport von Luftverunreinigungen	68
1.2.3.1	Berechnung der interregionalen Ausbreitung von Luftverunreinigungen	68
1.2.3.2	Weiträumiger Transport von Luftverunreinigungen	69
1.2.3.3	Modellrechnungen zur weiträumigen Ausbreitung von Luftverunrei- nigungen	70
1.2.3.4	Bodenbelastung durch saure Deposition	73
1.2.4	Langfristig globale Auswirkungen der Emission von Luftverunrei- nigungen auf die Atmosphäre	76
1.2.4.1	Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf den globalen atmosphä- rischen Stoffhaushalt	76
1.2.4.1.1	Der atmosphärische Schwefelzyklus	76
1.2.4.1.2	Der atmosphärische Stickoxidzyklus	81
1.2.4.1.3	Modellierung des chemischen Gleichgewichts der Atmosphäre	81
1.2.4.2	Beeinflussung der stratosphärischen Ozonschicht durch Luftverunrei- nigungen	84
1.2.4.2.1	Ozon-beeinflussende Luftverunreinigungen	84
1.2.4.2.2	Verhalten der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FKW) in der Tropo- sphäre	87
1.2.4.2.3	Chemische Reaktionen in der Stratosphäre	87

1.2.4.2.4	Modellrechnungen zur Vorhersage von Einflüssen auf das stratosphärische Ozon	89
1.2.4.2.5	Vergleich der Modellresultate mit Meßergebnissen	91
1.2.4.2.6	Änderung der UV-B-Strahlung	92
1.2.4.2.7	Auswirkungen eines Ozonabbaus auf das Klima	94
1.2.4.3	Auswirkungen von Kohlendioxidemissionen auf das Klima	94
1.2.4.3.1	Der globale Kohlenstoffkreislauf	94
1.2.4.3.2	Auswirkungen der CO ₂ -Anreicherung in der Atmosphäre	97
1.3	Immissionsmessungen	99
1.3.1	Struktur der Überwachung	99
1.3.1.1	Anlagenbezogene Überwachung	100
1.3.1.2	Überwachung in Belastungsgebieten	100
1.3.1.3	Überregionale Immissionsüberwachung	109
1.3.2	Meßmethoden und Geräte	113
1.3.2.1	Meßtechnik	113
1.3.2.2	Qualitätssicherung von Immissionsmessungen	121
1.3.2.3	Entwicklungsschwerpunkte	133
1.3.3	Entwicklung der Immissionen	133
1.3.3.1	Belastung durch Gase und Feststoffe	133
1.3.3.1.1	Einführung	133
1.3.3.1.2	Schwefeldioxid	140
1.3.3.1.3	Stickoxide	158
1.3.3.1.4	Schwebstaub	177
1.3.3.1.5	Staubniederschlag	188
1.3.3.1.6	Kohlenmonoxid	196
1.3.3.1.7	Gasförmige organische Verbindungen	206
1.3.3.1.8	Fluorwasserstoff und Chlorwasserstoff	219
1.3.3.1.9	Schwermetalle	224
1.3.3.1.10	Benzo(a)pyren	235
1.3.3.1.11	Immissionsvergleich in ländlichen Gebieten	238
1.3.3.2	Belastung durch Gerüche	240
1.3.3.2.1	Ursachen von Geruchsbelästigungen	240
1.3.3.2.2	Geruchskataster	240
1.3.3.2.3	Einzelbeispiele für Geruchsbelastungen	241
1.3.3.3	Smogsituationen	241
2.	Getroffene und beabsichtigte Maßnahmen zur Luftreinhaltung	242
2.1	Grundlagen	242
2.2	Durchgeführte Maßnahmen und Aspekte künftiger Maßnahmen	243
2.2.1	Anlagenbezogene Maßnahmen	243
2.2.1.1	Bund	243
2.2.1.1.1	Genehmigungsbedürftige Anlagen	243
2.2.1.1.2	Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen	245
2.2.1.2	Länder	246
2.2.2	Produktbezogene Maßnahmen	246
2.2.2.1	Europäische Gemeinschaften (EG)	246
2.2.2.2	Bund	246
2.2.2.3	Länder	247
2.2.3	Verkehrsbezogene Maßnahmen	247
2.2.3.1	Fahrzeuge	247

2.2.4	Gebietsbezogene Maßnahmen*	247
2.2.4.1	Europäische Gemeinschaften (EG)	247
2.2.4.2	Bund	248
2.2.4.3	Länder	249
2.2.5	Energiebezogene Maßnahmen	249
2.2.5.1	Grundsätze und Schwerpunkte des Programms zur rationellen und sparsamen Energieverwendung	249
2.2.5.2	Maßnahmen zur rationellen und sparsamen Energieverwendung	250
2.2.5.3	Auswirkungen der energiebezogenen Maßnahmen auf Emissionen und Immissionen	253
2.2.6	Ökonomische Maßnahmen	254
2.2.6.1	Förderung von Investitionen auf dem Gebiet der Luftreinhaltung bei Altanlagen	255
2.2.6.2	Erhöhte Absetzungen	260
2.2.6.3	ERP-Kredite	261
2.2.6.4	Fördermaßnahmen der Länder	261
2.3	Luftreinhaltepläne in Belastungsgebieten	264
2.3.1	Emissionskataster	264
2.3.2	Immissionskataster	264
2.3.3	Wirkungskataster	264
2.3.4	Ursachenanalyse	265
2.3.5	Maßnahmenplan	265
2.4	Gesamtwirtschaftliche Kostenbetrachtungen	266
2.4.1	Gesamtwirtschaftliche Kosten der Emissionsminderung	266
2.4.2	Umweltschäden durch Luftverschmutzung	267
2.4.3	Kosten und Nutzen der Verminderung der SO ₂ -Belastung (OECD-Studie)	273
2.5	Zusammenstellung der Gesetze, Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften	276
2.5.1	Bundes-Immissionsschutzgesetz und Durchführungsbestimmungen des Bundes	276
2.5.1.1	Rechtsverordnungen und dazu gehörende Vorschriften	276
2.5.1.2	Verwaltungsvorschriften	278
2.5.1.3	Richtlinien und Rundschreiben	278
2.5.2	Vorschriften der Länder zum Bundes-Immissionsschutzgesetz	278
2.5.2.1	Rechtsverordnungen	278
2.5.2.2	Verwaltungsvorschriften/Erlasse zum BImSchG (nur beispielhaft)	279
2.5.3	Benzinbleigesetz	279
2.5.4	Straßenverkehrsrechtliche Vorschriften	280
2.5.5	Energiebezogene Bestimmungen	280
2.5.6	Bestimmungen über Steuern und die Förderung von Luftreinhaltemaßnahmen	280
2.5.7	Sonstige Vorschriften	281
2.5.8	Europäische Gemeinschaften (EG)	282
3.	Wirkungen von Luftverunreinigungen	283
3.1	Einleitung	283
3.2	Objektbezogene Wirkung	284
3.2.1	Wirkungen auf Menschen	285
3.2.1.1	Partikelförmige Luftverunreinigungen	285

3.2.1.1.1	Toxische Spurenelemente	286
3.2.1.1.2	Faserige Stäube	289
3.2.1.1.3	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	290
3.2.1.1.4	Tabelle: Immissionshochstwerte für Staub und Staubinhaltsstoffe.	291
3.2.1.2	Gasförmige Luftverunreinigungen	295
3.2.1.2.1	Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Photochemische Oxidantien	295
3.2.1.2.2	Kohlenmonoxid	297
3.2.1.2.3	Anorganische gasförmige Fluorverbindungen	298
3.2.1.2.4	Anorganische gasförmige Chlorverbindungen	298
3.2.1.2.5	Schwefelwasserstoff	298
3.2.1.2.6	Lösemittel	298
3.2.1.2.7	Gerüche	299
3.2.1.2.8	Tabelle: Immissionshochstwerte für gasförmige Luftverunreinigungen	300
3.2.2	Wirkungen auf Vegetation, Tiere, Böden und Gewässer.	310
3.2.2.1	Partikelförmige Luftverunreinigungen	311
3.2.2.1.1	Toxische Spurenelemente	311
3.2.2.1.2	Pflanzenbehandlungsmittel	312
3.2.2.1.3	Forschungsschwerpunkte	312
3.2.2.2	Gasförmige Luftverunreinigungen	312
3.2.2.2.1	Schwefeldioxid	312
3.2.2.2.2	Stickstoffoxide	313
3.2.2.2.3	Photochemische Oxidantien	313
3.2.2.2.4	Fluorwasserstoff	314
3.2.2.2.5	Chlorwasserstoff	314
3.2.2.2.6	Schwefelwasserstoff	315
3.2.2.2.7	Forschungsschwerpunkte	315
3.2.3	Wirkungen auf Materialien.	315
3.2.3.1	Partikelförmige Luftverunreinigungen	316
3.2.3.2	Gasförmige Luftverunreinigungen	316
3.2.3.2.1	Schwefeldioxid	316
3.2.3.2.2	Stickstoffoxid	317
3.2.3.2.3	Ozon.	317
3.2.3.2.4	Kohlendioxid	318
3.2.3.2.5	Fluorwasserstoff	318
3.2.3.2.6	Chlorwasserstoff	318
3.2.3.2.7	Schwefelwasserstoff	318
3.2.3.2.8	Forschungsschwerpunkte	318
3.3	Beeinflussung der Ökosphäre	319
3.3.1	Wirkungen auf Ökosysteme	319
3.3.1.1	Urban-industrielle Ökosysteme.	319
3.3.1.2	Terrestrische und aquatische Ökosysteme.	320
3.4	Instrumente und Methoden der Wirkungsuntersuchung: Bioindikatoren und wirkungsbezogene Meßverfahren	321
3.5	Schadigungsmindernde Maßnahmen am Wirkungsort	325
4.	Entwicklung technischer Verfahren und Einrichtungen zur Luftreinhaltung	326
4.1	Emissionsarme Einsatzstoffe und Erzeugnisse	327
4.2	Reinigung von Abgasen.	330
4.2.1	Abgasreinigung durch Sorptionsverfahren.	330

4.2.1.1	Adsorption.	330
4.2.1.2	Absorption.	332
4.2.1.3	Chemisorption	336
4.2.2	Abgasreinigung durch Nachverbrennung.	338
4.2.2.1	Thermische Nachverbrennung (TNV)	339
4.2.2.2	Katalytische Nachverbrennung.	342
4.2.3	Abgasreinigung durch biologische Verfahren.	344
4.2.3.1	Biofilter.	345
4.2.3.2	Biowäscher.	348
4.2.4	Staubabscheidung	349
4.2.4.1	Übersicht.	349
4.2.4.1.1	Einsatz von Staubabscheidern in der Bundesrepublik Deutschland	349
4.2.4.1.2	Feinstaub- und Schwermetallgehalte in Abgasstäuben.	353
4.2.4.1.3	Korngrößenbestimmung	353
4.2.4.1.4	Funktionskontrolle bei Staubabscheidern.	353
4.2.4.2	Filternde Abscheider	354
4.2.4.3	Elektrische Abscheider	359
4.2.4.4	Naßarbeitende Abscheider.	363
4.2.4.5	Massenkraftabscheider'	365
4.2.4.6	Aerosolabscheidung.	366
4.2.4.7	Reihenschaltung von Abscheidern.	366
4.2.4.8	Bewertung und Auswahl von Staubabscheidern	367
4.2.5	VDI-Richtlinien zum Kapitel 4.2	371
4.3	Emissionsentwicklung und technische Luftreinhaltemaßnahmen in den Quellengruppen.	372
4.3.1	Übergreifende Primärmaßnahmen.	372
4.3.2	Bergbau.	374
4.3.2.1	Steinkohlenbergbau und Brikettfabriken	374
4.3.2.2	Braunkohlenbergbau und Brikettfabriken.	376
4.3.2.3	Kalialz- und Steinsalzbergbau	378
4.3.2.4	Erdöl- und Erdgasförderung.	380
4.3.3	Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden.	380
4.3.3.1	Glas	380
4.3.3.2	Mineralfasern	382
4.3.3.3	Zement	383
4.3.3.4	Mischanlagen für bituminöse Straßenbaustoffe	385
4.3.3.5	Grob- und feinkeramische Produkte	386
4.3.3.6	Asbest.	389
4.3.4	Metallgewinnung und -verarbeitung.	391
4.3.4.1	Eisen und Stahl.	391
4.3.4.1.1	Roheisen	391
4.3.4.1.2	Rohstahlerzeugung	394
4.3.4.1.3	Weiterverarbeitung von Rohstahl	396
4.3.4.1.4	Eisen- und Stahlguß	396
4.3.4.1.5	Ferrolegerungen	398
4.3.4.2	NE-Metalle.	399
4.3.4.2.1	Hüttenaluminium	399
4.3.4.2.2	Kupfer	403
4.3.4.2.3	Blei.	407
4.3.4.2.4	Sonstige NE-Metalle.	410

4.3.4.2.5	Feuerverzinkereien (Stückverzinkung)	414
4.3.5	Anorganische Chemie	415
4.3.5.1	Herstellung chemischer Elemente	415
4.3.5.1.1	Halogene	415
4.3.5.1.2	Schwefel in Claus-Anlagen	417
4.3.5.2	Herstellung von anorganischen Säuren	417
4.3.5.2.1	Chlorwasserstoff	417
4.3.5.2.2	Schwefelsäure	418
4.3.5.2.3	Salpetersäure	419
4.3.5.2.4	Phosphorsäure	420
4.3.5.2.5	Flußsäure	421
4.3.5.3	Herstellung von Phosgen	421
4.3.5.4	Herstellung von anorganischen Basen	422
4.3.5.4.1	Ammoniak	422
4.3.5.4.2	Natronlauge	422
4.3.5.5	Herstellung von Düngemitteln	422
4.3.5.5.1	Stickstoffdüngemittel	423
4.3.5.5.2	Phosphatdüngemittel	425
4.3.5.5.3	Kalidüngemittel	426
4.3.5.6	Herstellung anorganischer Pigmente	426
4.3.5.7	Herstellung sonstiger anorganischer Grundstoffe	427
4.3.5.7.1	Calciumcarbid	427
4.3.5.7.2	Metallverbindungen	428
4.3.6	Mineralöl- und Kohlechemie	429
4.3.6.1	Umwandlung von Kohle	429
4.3.6.1.1	Kokereien	429
4.3.6.1.2	Kohlevergasung und Kohleverflüssigung	431
4.3.6.2	Nichtenergetische Kohleveredelung	432
4.3.6.2.1	Gewinnung von Kohlewertstoffen	432
4.3.6.2.2	Rußherstellung	433
4.3.6.2.3	Herstellung von Kohlenstoff (Hartbrandkohle)	434
4.3.6.3	Mineralölindustrie	434
4.3.6.3.1	Mineralölraffinerien	434
4.3.6.3.2	Verteilung von Ottokraftstoffen	435
4.3.6.3.3	Altölarbeitung	436
4.3.7	Organisch-chemische Industrie	437
4.3.7.1	Herstellung von Olefinen	437
4.3.7.2	Herstellung von Halogenderivaten der Kohlenwasserstoffe	437
4.3.7.2.1	Chlormethane	437
4.3.7.2.2	Chlorierte Ethane und Ethylene	437
4.3.7.3	Herstellung von Alkoholen	438
4.3.7.4	Herstellung von Phenolen	439
4.3.7.5	Herstellung sonstiger Oxo-Verbindungen	439
4.3.7.5.1	Glykole	439
4.3.7.5.2	Epoxide	440
4.3.7.5.3	Aldehyde	441
4.3.7.6	Herstellung von Polymerisationsprodukten	441
4.3.7.6.1	Polyvinylchlorid	441
4.3.7.6.2	Polystyrol	443
4.3.7.6.3	Polyacrylate	443

4.3.7.7	Herstellung von Viskose	444
4.3.7.8	Herstellung von Pestiziden	444
4.3.8	Verarbeitung von Kunststoffen	445
4.3.8.1	Verarbeitung von Weichpolyvinylchlorid	445
4.3.8.2	Herstellung von Polyurethan-Schaumstoffen	446
4.3.8.3	Herstellung von Lackdrähten	448
4.3.8.4	Verarbeitung von Kautschukerzeugnissen	448
4.3.9	Gewinnung und Verarbeitung von Naturprodukten	449
4.3.9.1	Nahrungsmittelindustrie	449
4.3.9.1.1	Zucker	449
4.3.9.1.2	Öle und Fette	450
4.3.9.1.3	Räucheranlagen	450
4.3.9.2	Genußmittelindustrie	451
4.3.9.2.1	Brauereien und Mälzereien	451
4.3.9.2.2	Flaschensterilisation bei Abfüllanlagen	452
4.3.9.2.3	Tabakverarbeitung	452
4.3.9.2.4	Röstanlagen	453
4.3.9.3	Landwirtschaftliche Betriebe	453
4.3.9.3.1	Intensivtierhaltung	453
4.3.9.3.2	Kottrocknung	454
4.3.9.4	Futtermittelindustrie	455
4.3.9.4.1	Fischmehl	455
4.3.9.4.2	Trocknungsanlagen	455
4.3.9.4.3	Tierkörperbeseitigungsanstalten	455
4.3.9.5	Holzindustrie	456
4.3.9.6	Zellstoffindustrie	457
4.3.9.7	Textilveredelung	459
4.3.9.8	Lederindustrie	460
4.3.10	Energieumwandlung	460
4.3.10.1	Energiewirtschaftliche Grunddaten	461
4.3.10.2	Kraftwerke und Fernheizwerke	463
4.3.10.2.1	Brennstoffeinsatz	463
4.3.10.2.2	Emissionsfaktoren	463
4.3.10.2.3	Emissionsentwicklung	469
4.3.10.2.4	Emissionsmindernde Maßnahmen	471
4.3.10.3	Industriefeuerungen	478
4.3.10.3.1	Brennstoffeinsatz	478
4.3.10.3.2	Emissionsfaktoren	478
4.3.10.3.3	Emissionsentwicklung	479
4.3.10.3.4	Emissionsmindernde Maßnahmen	481
4.3.10.4	Feuerstätten in Haushalten und bei Kleinverbrauchern	483
4.3.10.4.1	Energieeinsatz	483
4.3.10.4.2	Emissionsfaktoren	486
4.3.10.4.3	Emissionsentwicklung und Anwendung emissionsmindernder Maßnahmen	488
4.3.10.4.4	Zukünftige Verbesserungsmaßnahmen	491
4.3.10.5	Anlagen mit stationären Gasturbinen	491
4.3.10.6	Anlagen mit stationären Verbrennungsmotoren	494
4.3.10.7	Energie und Abwärme	496
4.3.10.7.1	Primärenergieeinsatz, Nutzenergie und Verluste	496

4.3.10.7.2	Entwicklung der Abwärmeemissionen	497
4.3.10.7.3	Emissionsmindernde Maßnahmen	503
4.3.10.8	Rationelle Energieverwendung und neue Energiesysteme.	504
4.3.10.8.1	Umwandlungsbereich	504
4.3.10.8.2	Industrie	507
4.3.10.8.3	Haushalt und Kleinverbraucher	509
4.3.10.8.4	Verkehr.	512
4.3.11	Entsorgung.	513
4.3.11.1	Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung	513
4.3.11.1.1	Haumüllverbrennungsanlagen	513
4.3.11.1.2	Sonderabfallverbrennungsanlagen	516
4.3.11.1.3	Anlagen zur Verbrennung von Krankenhausabfällen.	518
4.3.11.1.4	Anlagen zur Verbrennung von Klärschlamm	519
4.3.11.2	Einäscherungsanlagen.	519
4.3.11.3	Sonstige Anlagen zur Abfall- und Abwasserbehandlung.	520
4.3.11.4	Verbrennung auf See	520
4.3.12	Verkehr.	521
4.3.12.1	Straßenverkehr	521
4.3.12.1.1	Emissionsgrenzwerte	521
4.3.12.1.2	Emissionsentwicklung im Straßenverkehr.	523
4.3.12.1.3	Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung	530
4.3.12.1.4	Zukünftige gesetzliche und administrative Maßnahmen	533
4.3.12.2	Schienerverkehr	534
4.3.12.3	Wasserverkehr	534
4.3.12.4	Luftverkehr	535
4.3.12.5	Vergleich verschiedener Verkehrssysteme.	535
4.3.13	Lagerung, Umschlag und Transport.	536
4.3.13.1	Staubförmige Güter	536
4.3.13.1.1	Einflußgrößen auf die Emission, Emissionsabschätzung.	536
4.3.13.1.2	Erfassungseinrichtungen	537
4.3.13.1.3	Minderungsmaßnahmen	538
4.3.13.2	Gasförmige und flüssige Güter	539
4.3.14	Gewerbe, Haushalt und Produkte	539
4.3.14.1	Lösemittelmittierende Anlagen.	539
4.3.14.1.1	Lackieranlagen	539
4.3.14.1.2	Chemischreinigungsanlagen.	542
4.3.14.1.3	Entfettungsanlagen	544
4.3.14.1.4	Druckereien und Folienveredelungsanlagen.	544
4.3.14.2	Produktverbrauch in Gewerbe, Haushalt und bei sonstigen Quellen	546
4.3.14.2.1	Lacke, Anstrichstoffe und Verdünnungen.	546
4.3.14.2.2	Klebstoffe	547
4.3.14.2.3	Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FKW)	548
4.3.14.2.4	Asbest.	550
4.3.14.2.5	Künstliche Mineralfasern	553
4.3.14.2.6	Schwermetallhaltige Produkte	553
4.3.15	VDI-Richtlinien zum Kapitel 4.3	555
4.4	Emissionsüberwachung.	558
4.4.1	Meßverfahren und -geräte	558
4.4.1.1	Übersicht.	558
4.4.1.2	Qualitätssicherung von Emissionsmessungen	558

4.4.1.3	Emissionsmeßverfahren für besonders gesundheitsgefährdende Stoffe . . .	565
4.4.1.4	Meßverfahren für nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen . . .	567
4.4.1.5	Meßstellen nach § 26 BImSchG	569
4.4.2	Kontinuierliche Emissionsmessungen.	572
4.4.2.1	Richtlinien zur Sicherstellung einer bundeseinheitlichen Praxis.	572
4.4.2.2	Eignungsprüfungen	572
4.4.2.3	Einsatz laufend aufzeichnender Meßgeräte	577
4.4.2.4	Auswertung kontinuierlicher Emissionsmessungen	578
4.4.3	Überwachung von Linien- und Flächenquellen	578
4.5	Übergreifende ökologische Aspekte technischer Luftreinhaltemaßnahmen	579
4.5.1	Vermeidung von Abwasser- und Abfallproblemen bei Luftreinhaltemaßnahmen	580
4.5.2	Gewinnung von Sekundärrohstoffen durch Luftreinhaltemaßnahmen	581
4.5.3	Rohstoffeinsparung bei Verwendung emissionsarmer Einsatzstoffe und Produkte	583
4.5.4	Emissionsminderung durch Rückgewinnung und Rückführung in den Produktionsprozeß	584
4.5.5	Senken für persistente Stoffe	586
4.5.6	Energieeinsparung bei Luftreinhaltemaßnahmen	587
5.	Aufwendungen für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Luftreinhaltung.	591
5.1	Forschungsziele und -schwerpunkte	591
5.2	Finanzgeber und Forschungsnehmer	594
6.	Schlagwortverzeichnis	597