

Inhalt	Seite
Verzeichnis physikalischer Konstanten und verwendeter Abkürzungen	IX
1 Einleitung	1
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung	2
2 Entstehung, Quellen und Verlauf von Luftverunreinigungen	5
2.1 Primäre Luftverunreinigungen	5
2.1.1 Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe und Schwefeldioxid	6
2.1.2 Zeitlicher Verlauf der Schadstoffemissionen	8
2.1.2.1 Langzeitentwicklung	8
2.1.2.2 Jahresgang	9
2.1.2.3 Tagesgang	10
2.1.3 Schadstoffemissionen in verschiedenen Quellhöhenbereichen	11
2.2 Sekundäre Luftverunreinigungen	12
2.2.1 Ozon	12
2.2.1.1 Quellen für troposphärisches Ozon	13
2.2.1.2 Horizontalverteilung des bodennahen Ozons	20
2.2.1.3 Ozonbildungspotential von Kohlenwasserstoffen	21
2.2.1.4 Maßnahmen zur Reduzierung der Ozonbelastung	22
3 Ausbreitung von Luftverunreinigungen	24
3.1 Grundlagen zur Atmosphärenphysik	24
3.1.1 Struktur des bodennahen Atmosphärenbereichs	24
3.1.2 Vertikalverteilung von Lufttemperatur und Luftdruck	24
3.1.3 Schichtungstypen	26
3.1.3.1 Trockenadiabatische, trockenindifferente oder neutrale Schichtung	26
3.1.3.2 Überadiabatische oder trockenlabile Schichtung	27
3.1.3.3 Unteradiabatische oder trockenstabile Schichtung	28
3.1.3.4 Unterscheidung einzelner Schichtungstypen am Vertikalverlauf der potentiellen Temperatur	29
3.2 Temperaturinversionen	29
3.2.1 Höhenlagen von Temperaturinversionen	29
3.2.2 Entstehung von Temperaturinversionen	30
3.2.2.1 Strahlungs- oder Kaltluftinversionen	30
3.2.2.2 Absink-, Subsidenz- oder Schrumpfungsinversionen	34
3.2.2.3 Advektionsinversionen	37
3.2.2.4 Turbulenz- oder Reibungsinversionen	38

3.3	Atmosphärische Grenzschicht	39
3.3.1	Vertikalstruktur der atmosphärischen Grenzschicht	40
3.3.2	Luftaustausch in der atmosphärischen Grenzschicht	41
3.3.2.1	Horizontaler Luftaustausch	42
3.3.2.2	Vertikaler Luftaustausch	44
3.3.2.3	Windgeschwindigkeit, Turbulenzstruktur und Atmosphärenschichtung	46
3.3.3	Räumliche und zeitliche Entwicklung der atmosphärischen Grenzschicht	47
3.3.3.1	Mischungsschicht und Sperrschichten	48
3.3.3.2	Reservoirschicht	50
3.4	Zusammenhang zwischen meteorologischen Faktoren und Luftschadbelastung	50
3.4.1	Vertikales Temperaturprofil und Ausbreitung von Abgasfahnen	51
3.4.2	Inversionshöhenlagen und Immissionskonzentrationen	53
3.4.2.1	Positionsänderung von Sperrschichten im Tagesverlauf	53
3.4.2.2	Zusammenhang zwischen Inversionshöhenlagen und Immissionskonzentrationen am Beispiel der Stadt Stuttgart	54
3.4.3	Temperaturinversionen, Sperrschichten und Smog	64
3.4.3.1	London-Smog (Wintersmog)	64
3.4.3.2	Advektionssmog (Transportsmog)	66
3.4.3.3	Los Angeles-Smog (Photochemischer Smog, Sommersmog)	68
4	Möglichkeiten zur Untersuchung von Sperrschichtinflüssen auf den Verlauf der Schadstoffbelastung	70
4.1	Physikalisch/mathematisch-meteorologische Simulationsmodelle	70
4.2	Untersuchungsmethoden meßtechnischer Art	72
4.2.1	Laborexperimente	72
4.2.2	Feldexperimente	73
4.2.2.1	Untersuchungen mit ortsfesten Meßsystemen konventioneller Art ...	73
4.2.2.2	Atmosphärenfernerkundung	76
4.2.2.3	Untersuchungen mit luftgestützten Meßsystemen	82
5	IVD-Fesselballonmeßsystem	87
5.1	Fesselballon, Seilwinde und Halteleine	88
5.2	Messung meteorologischer Größen und Datenübertragung	89
5.3	Meßtechniken zur Bestimmung luftchemischer Parameter	91
5.3.1	Ozonsonde	91
5.3.1.1	Meßprinzip	91
5.3.1.2	Kenndaten und Kalibrierung im Balloneinsatz	92
5.3.1.3	Einfluß von Betriebs- und Umgebungsbedingungen auf das Anzeigeverhalten der Ozonsonde	95

5.3.2	Stickstoffdioxidanalysator	99
5.3.2.1	Meßprinzip	99
5.3.2.2	Kenndaten und Kalibrierung	100
5.3.2.3	Einfluß von Betriebs- und Umgebungsbedingungen auf das Anzeigeverhalten des Stickstoffdioxidanalysators	105
5.3.3	Schwefeldioxidanalysator	108
5.3.3.1	Meßprinzip	109
5.3.3.2	Kenndaten und Kalibrierung	109
5.3.3.3	Einfluß von Betriebs- und Umgebungsbedingungen auf das Anzeigeverhalten des Schwefeldioxidanalysators	110
5.3.4	Kohlenwasserstoffprobenahmesystem	110
5.3.4.1	Funktionsweise und Probenahme	111
5.3.4.2	Probenaufbereitung und Analytik	113
5.3.4.3	Einsatz am Fesselballon	114
5.5	Zusammenfassender Überblick über Meßausrüstung und Spezifikationen des IVD-Fesselballonmeßsystems	114
5.6	Datenaufbereitung, Meßwertberechnung und Ergebnisdarstellung	115
6	Auswirkung atmosphärischer Sperrschichten auf Konzentration und Verteilung gasförmiger Luftverunreinigungen - Ergebnisse eigener Untersuchungen	118
6.1	Einfluß bodennaher Temperaturinversionen auf die Höhe der Immissionskonzentrationen	118
6.1.1	NO-, NO ₂ - und SO ₂ -Belastung bei winterlichen Inversionsituationen	118
6.1.2	O ₃ -Belastung bei sommerlichen Schönwetterperioden mit nächtlichen Bodeninversionen	122
6.2	Auswirkung von Temperaturinversionen auf den zeitlichen Verlauf der Immissionsbelastung - Dynamik von Sommersmogepisoden am Beispiel des Schweizer Mittellandes	124
6.2.1	Emissionssituation	125
6.2.2	Meßzeiträume und Einsatzorte des IVD-Fesselballonmeßsystems	126
6.2.3	Meteorologische Verhältnisse während der Intensivmeßkampagnen ...	126
6.2.3.1	Wettersituatuion während der IOP90	126
6.2.3.2	Wettersituatuion während der IOP91	130
6.2.4	Konzentrationsentwicklung im Verlauf sommerlicher Hochdrucksituationen	132
6.2.5	Bodeninversionen und Immissionskonzentrationen	136
6.2.5.1	Immissionsentwicklung bei Ausbildung einer Bodeninversion	137
6.2.5.2	Entwicklung einer Bodeninversion über Nacht	146
6.2.5.3	Immissionsentwicklung bei Auflösung einer Bodeninversion	150
6.2.6	Fazit der Sommermeßkampagnen	159
6.3	Einfluß bodennaher Temperaturinversionen auf die Vertikalprofile der Schwefeldioxidkonzentration	160

VIII

7	Zusammenfassung und Ausblick	162
8	Literatur	166
9	Anhang	186
9.1	Berechnung der Ozon- und Schwefeldioxidkonzentrationen	186
9.2	Berechnung der Stickstoffdioxidkonzentrationen	186