

Berlin-Forschung

FU

BERLIN



Förderprogramm für junge Wissenschaftlerinnen
und Wissenschaftler der freien Universität Berlin
18.Ausschreibung

Franz Immler

Lidar-Fernerkundung von troposphä- rischem Ozon und Aerosol in einer urbanen Umgebung

Dissertation am Institut für Experimentalphysik
Berlin, Oktober 1999

Lidar-Fernerkundung von troposphärischem Ozon und Aerosol in einer urbanen Umgebung

Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
am Fachbereich Physik der Freien Universität Berlin

vorgelegt von Franz J. Immler
aus Schongau
Berlin, Oktober 1999

Betreuung und 1. Gutachten: Prof. Dr. Ludger Wöste
2. Gutachten: Prof. Dr. Klaus Kramer

Verteidigung am 24.11.1999 am Fachbereich Physik, FU Berlin

Kapitel 1: Einleitung.....	9
1.1 Forschungsgegenstand	10
1.2 Atmosphäre und Strahlung	12
1.3 Der Treibhauseffekt	13
1.4 Die Grenzschicht.....	14
Kapitel 2: Troposphärisches Ozon.....	17
2.1 Photochemie in der Troposphäre	19
2.2 Photosmog	21
2.3 BERLIOZ.....	24
2.4 Die Folgen des Anstiegs troposphärischen Ozons.....	26
2.4.1 Toxizität von Ozon	26
2.4.2 Troposphärisches Ozon und Strahlung	27
Kapitel 3: Atmosphärisches Aerosol	29
3.1 Aerosolquellen	31
3.1.1 Homogene Nukleation	31
3.1.2 Dispersion, kontinentales und maritimes Aerosol	33
3.1.3 Anthropogene Quellen	35
3.1.4 Weitere Aerosolquellen	37
3.2 Größenverteilungen atmosphärischer Aerosole	37
3.2.1 Koagulation und Sedimentation.....	38
3.2.2 Modelle für Größenverteilungen trockener Aerosole	40
3.2.3 Hygroskopisches Wachstum	45
3.3 Streuung von Licht in Aerosolen	47
3.3.1 Streuung an sphärischen Teilchen: Mie-Theorie.	48
3.3.2 Streuung an asphärischen Partikeln - Depolarisation	49
3.3.3 Streuung in polydispersen Aerosolen	50
3.3.4 Strahlungstransfer	54
3.4 Das Aerosolmodell für die Lidar-Auswertung.....	55
3.5 Meßverfahren für Aerosole	58
3.5.1 Optische Verfahren	59
3.5.2 Filter und Impaktoren	60
3.5.3 Partikelzähler	61
3.6 Der Einfluß von Aerosolen auf das Klima	62
Kapitel 4: Light Detection And Ranging	65
4.1 Allgemeine Grundlagen der Lidar-Technik.....	67
4.1.1 Meßprinzip	67
4.1.2 geometrische Kompression.....	69
4.2 Die Meßstation Charité.....	72
4.2.1 Das DIAL-System.....	73
4.2.2 Das polychrome Rückstreulidar	76
4.2.3 Weitere Meßgeräte der Station Charité für BERLIOZ	79
Kapitel 5: Datenauswertung	81
5.1 Invertierung von Lidar-Rückstreusignalen	82
5.1.1 Die "Rayleigh-Atmosphäre"	82
5.1.2 Inversion elastischer Rückstreusignale	84

5.1.3 Der Raman-Kanal (387 nm)	89
5.2 Konzentrationsbestimmung nach dem DIAL-Verfahren.....	91
5.2.1 Das DIAL-Verfahren	91
5.2.2 Rayleigh-Korrektur	93
5.2.3 Aerosolextinktions-Korrektur.....	94
5.2.4 Aerosolrückstreu-Fehler	95
5.2.5 Entwicklung des "DIAL-Klett-Algorithmus"	96
5.2.6 Fehlerbetrachtung des Dial-Klett-Algorithmus	100
5.2.7 Weiter Fehlerquellen	102
Kapitel 6: Bestimmung von Aerosolgrößenverteilungen mit Lidardaten	105
6.1 Das LASD-Verfahren	105
6.2 Der Anpassungs-Algorithmus	108
6.3 Bewertung der Invertierbarkeit des ASD-Problems	109
6.4 Kritik am LASD-Verfahren.....	112
6.5 Iterative Inversion von Lidardaten	115
Kapitel 7: Ergebnisse aus der Berlioz-Meßkampagne.....	117
7.1 Photosmogentwicklung in einer stabilen Grenzschicht: Der 8.August 1998	119
7.1.1 Die Grenzschicht	119
7.1.2 Die Mischungsschicht.....	120
7.1.3 Ozon.....	121
7.1.4 Aerosol-Größenverteilungen	124
7.2 Eine instabile Grenzschicht: Die Intensivmeßzeit 20.-21.Juli 1998	130
7.2.1 Die Grenz- und Mischungsschicht.....	131
7.2.2 Ozon.....	133
7.2.3 Aerosol-Größenverteilungen	135
7.3 Qualitätssicherung: der 6. August 1998.....	137
7.3.1 Grenzschicht und Ozon	138
7.3.2 Aerosol-Größenverteilung	140
7.3.3 Die Vergleichsmessung	140
7.4 Wolken	142
Kapitel 8: Resultate und Diskussion	145
8.1 Grenzschicht und photochemischer Smog	147
8.2 Depolarisations-Messung	149
8.3 Die freie Troposphäre	153
8.4 Aerosole und Strahlung	155
Kapitel 9: Zusammenfassung und Ausblick	159
9.1 Die Motivation.....	159
9.2 Die Methoden	159
9.3 Die Resultate.....	161
9.4 Der Ausblick	161
Literaturliste	163