

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Wasser in der Atmosphäre . . . . .	1
1.2	Verfahren zur Feuchtemessung und Datenqualität . . . . .	3
1.3	Forschungsflugzeug HALO . . . . .	5
1.4	Entwicklung des „Hygrometer for Atmospheric Investigations“ . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Absorptionsspektroskopie</b>	<b>7</b>
2.1	Energieeigenwerte von Molekülen . . . . .	7
2.1.1	Rotationsschwingungsspektrum des H <sub>2</sub> O-Moleküls . . . . .	8
2.2	Linienbreiten . . . . .	10
2.2.1	Natürliche Linienbreite . . . . .	10
2.2.2	Doppler-Verbreiterung . . . . .	11
2.2.3	Stoßverbreiterung . . . . .	11
2.2.4	Voigt-Profilfunktion . . . . .	12
2.3	Direkte Absorptionsspektroskopie . . . . .	13
2.3.1	Das Lambert-Beer'sche Gesetz . . . . .	13
2.3.2	Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Funktionsprinzip des fasergekoppelten DFB-Lasers</b>	<b>17</b>
3.1	Entwicklung der Laserdiode . . . . .	17
3.2	Funktionsprinzip eines Diodenlasers . . . . .	17
3.3	Weiterentwicklung zum „Distributed Feedback Laser“ . . . . .	18
3.4	Statische Wellenlängenabstimmung . . . . .	19
3.5	Dynamische Wellenlängenabstimmung . . . . .	20
3.6	Entwicklung der Glasfaser . . . . .	21
3.7	Funktionsprinzip einer Glasfaser . . . . .	22
3.8	Charakterisierung von „Single-Mode“ Glasfasern . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Konzept des HAI Hygrometers und Integration in HALO</b>	<b>25</b>
4.1	Aufteilung der Hygrometerkomponenten . . . . .	26
4.2	Einbauposition der offenen Messzelle . . . . .	27
4.3	Position und Aufbau des Rack-Einschubs . . . . .	29
4.3.1	HALO-Standard-Rack . . . . .	29
4.3.2	Aufbau des HAI Rack-Einschubs . . . . .	29
4.4	HAI Spektrometermessdaten . . . . .	32
4.4.1	Auswahl geeigneter Absorptionslinien . . . . .	32

4.4.2	Datenauswertung . . . . .	33
<b>5</b>	<b>Lasertechnik für den freistrahenden 2596 nm Laser</b>	<b>35</b>
5.1	Lasercharakterisierung . . . . .	35
5.1.1	Leistung - Strom/Temperatur Charakteristik . . . . .	36
5.1.2	Statische Temperaturabstimmung . . . . .	37
5.1.3	Statische Stromabstimmung . . . . .	41
5.1.4	Seitenmodenunterdrückung . . . . .	42
5.1.5	Dynamisches Strom-Abstimmverhalten und Korrektur der Wellenlänge im Spektrum . . . . .	44
5.1.6	Strahlprofil . . . . .	45
5.2	Spülbares Lasergehäuse mit Faserkopplung . . . . .	46
5.2.1	Strahlengang zur Realisierung der Faserkopplung und der Referenzsignale	47
5.2.2	Störungsarme Strahlteiler . . . . .	48
5.2.3	Referenzzelle zur Stabilisierung der Linienposition . . . . .	49
5.2.4	Detektoren und Transimpedanzverstärker zur Aufnahme und Vorverstärkung der optischen Signale . . . . .	50
5.2.5	Einfluss der Kontamination auf die Spektrometerauflösung . . . . .	51
5.2.6	Korrektur der Spektrometermessungen . . . . .	54
5.3	Faserkopplung . . . . .	55
5.3.1	Kollimation . . . . .	55
5.3.2	Qualität der Faserkopplung und optische Leistung am Faserende . . . . .	56
5.4	Charakterisierung der fluorhaltigen Glasfasern . . . . .	57
5.4.1	Bestimmung der Dämpfung der IR-Photonics „Single-Mode“ Glasfaser . . . . .	58
5.4.2	Temperaturabhängiges Absorptionsverhalten . . . . .	59
5.4.3	Bestimmung von numerischer Apertur und Modenfelddurchmesser . . . . .	62
5.5	Fazit . . . . .	63
<b>6</b>	<b>Lasertechnik für den fasergekoppelten 1370 nm Laser</b>	<b>65</b>
6.1	Lasercharakterisierung . . . . .	65
6.2	Charakterisierung der Quarzglasfaser . . . . .	68
6.3	Optische Störungen . . . . .	69
6.4	Faseroptische Baugruppen . . . . .	70
6.4.1	Spülbares Lasermount und Lichtaufspaltung für die Spektrometerkomponenten . . . . .	70
6.4.2	Referenzzelle zur Stabilisierung der Linienposition . . . . .	71
6.5	Fazit . . . . .	71
<b>7</b>	<b>Offene Messzelle für zwei Laserstrahlen</b>	<b>73</b>
7.1	Zellengeometrie . . . . .	74
7.2	Optische Simulation der Zwei-Strahl White-Messzelle . . . . .	75
7.3	Aufbau und Ausstattung der Messzelle . . . . .	79
7.3.1	Struktur und Materialien . . . . .	79
7.3.2	Aufbau der Pylone . . . . .	79
7.3.3	Integration der Optomechanik . . . . .	81
7.3.4	Elektronische Signalübertragung . . . . .	82

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	III
7.4 Empfindlichkeit und Dynamik der Messzelle . . . . .	83
7.5 Strömungssimulation für reale Flugbedingungen . . . . .	85
7.5.1 Strömungsanalyse innerhalb der Messzelle . . . . .	86
7.5.2 Abschätzung der spektroskopischen Messfehler . . . . .	88
7.6 Mechanische Verformung und Dejustage im Flug . . . . .	91
7.6.1 Berechnung der Seitenlasten . . . . .	91
7.6.2 Dejustage der Messzelle . . . . .	92
<b>8 Vergleich verschiedener Hygrometer mit dem HAI</b>	<b>95</b>
8.1 Vergleich der Hygrometerdaten einer AIDA Kampagne . . . . .	95
8.1.1 Rahmenbedingungen und Einbau der offenen Messzelle . . . . .	95
8.1.2 Vergleich der Feuchtemessungen . . . . .	97
8.2 Vergleichsmessung mit einer geschlossenen Messzelle . . . . .	99
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>101</b>
<b>Danksagung</b>	<b>105</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>107</b>
<b>A Spiegelhalter mit Detektoren- und Faserfassungen</b>	<b>117</b>