

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Gewässerversauerung	1
1.2 Der Stickstoff-Haushalt im Waldökosystem	2
1.3 Erhöhte Stickstoff-Einträge und ihre Folgen - Stickstoffsättigung	5
1.4 Nitrat-Austrag	7
1.5 Stickstoff-Sättigung und <i>critical loads</i>	11
1.6 Untersuchungsobjekt und Ziele	13
2. Material und Methoden	15
2.1 Untersuchungsgebiet	15
2.1.1. Lage	15
2.1.2. Klima und luftchemische Situation	15
2.1.3. Geologie und Hydrogeologie	19
2.1.4. Böden	20
2.1.5. Vegetation	21
2.2 Quellwasseruntersuchungen	22
2.3 Vegetationskundliche Untersuchungen	23
2.4 Nitrataustrag im Vergleich von Einzugsgebieten	24
2.4.1. Standorte, Flächenauswahl und Ausstattung	24
2.4.2. Depositionsbestimmung	26
2.4.2.1. Kalibration der Ionenaustauscher-Regensammler	28
2.4.2.2. Vergleich zu konventioneller Depositionsmessung	29
2.4.3. Bodenuntersuchungen	30
2.4.3.1. Potentielle Netto-Nitrifikations und -Mineralisationsraten	30
2.4.3.2. Potentielle Denitrifikationsraten	31
2.4.3.3. Bodenprofile	31
2.4.3.4. C/N-Gehalt	31
2.4.3.5. Ionenaustauscher-Säckchen	31
2.5 Isotopenchemische Untersuchungen an Nitrat	32
2.6 Statistik	33
2.6.1. Uni- und bivariate Methoden	33
2.6.2. Faktorenanalyse	34
2.6.3. Diskriminanzanalyse	34
2.6.4. Geostatistik	35
2.7 Software	36
3. Quellwasserchemie	37
3.1 Hydrochemie von Quellwässern bewaldeter Einzugsgebiete Nordost-Bayerns	37
3.1.1. Gewässertypologie	40
3.1.2. Faktorenanalyse	42
3.1.2.1. Faktorenanalyse mit 12 Variablen	42
3.1.2.2. Faktorenanalyse mit 16 Variablen	44

3.2	Räumliche Variabilität	47
3.2.1.	Sulfat	47
3.2.2.	Nitrat	49
3.2.3.	pH-Wert	50
3.2.4.	Magnesium	51
3.2.5.	Calcium	52
3.2.6.	Aluminium	53
3.2.7.	Kalium	54
3.2.8.	Natrium	55
3.2.9.	Chlorid	56
3.2.10.	Zusammenfassende Bewertung	57
3.3	Zeitliche Variabilität	58
3.3.1.	Zeitreihen	58
3.3.2.	Vergleich der Wasserchemie 1975 - 1990	59
3.3.2.1.	Nitrat und Sulfat	60
3.3.2.2.	Magnesium und Calcium	63
3.3.2.3.	pH und Alkalinität	64
3.3.2.4.	Natrium und Chlorid	65
3.3.2.5.	Kalium und Mangan	66
3.3.3.	Quellwasserchemie als Prognoseinstrument	66
4.	Die Vegetation der Quellfluren	68
4.1	Die Pflanzengesellschaften der Quellfluren	68
4.2	Die Quellfluren des Fichtelgebirges	70
4.2.1.	<i>Chrysosplenietum oppositifolii</i> - Miltzkrautflur	70
4.2.2.	<i>Caricion remotae</i> - Rumpfgesellschaft	71
4.2.3.	<i>Caricetum fuscae polytrichetosum communis</i> Torfmoos-Quellflur	76
4.2.4.	<i>Scapanietum undulatae</i> und andere Moosgesellschaften	78
4.3	Wasserchemie und Vegetation	79
4.4	Faktorenanalyse der Vegetationsaufnahmen	79
5.	Nitrataustrag: Einzugsgebiete im Vergleich	83
5.1	Nitrat-Austrag	84
5.2	Deposition	88
5.2.1.	Niederschläge	88
5.2.2.	N-Deposition	88
5.3	Boden-Stickstoff	92
5.4	Stickstoff-Umsatz im Boden	97
5.4.1.	Stickstoff-Mineralisierung und Nitrifikation	97
5.4.1.1.	Relativer Nitrifizierungsgrad	101
5.4.2.	Regulation von Mineralisation und Nitrifikation	101
5.4.3.	Denitrifikation	106
5.4.4.	Pflanzliche N-Aufnahme	108
5.5	NO ₃ ⁻ - und NH ₄ ⁺ -Fluß im Boden	109

5.6	Versuch einer Bilanz	112
6.	Isotopenchemie des Nitrat	118
6.1	Grundlagen	118
6.1.1.	Isotopenverhältnisse von Nitrat im Stickstoffkreislauf	119
6.1.2.	Die Versickerung von Niederschlags-Nitrat: ein Modell	121
6.1.2.1.	Kompartiment-Modell	122
6.1.2.2.	Versickerungsgeschwindigkeit	123
6.1.2.3.	Depositions- und Nitrifikationsrate	124
6.1.2.4.	Depositionsrate	124
6.1.2.5.	Nitrifikationsrate	124
6.1.2.6.	Tiefengradienten	125
6.1.2.7.	Verhältnis von Nitrat-Austrag zu Nitrat-Eintrag	127
6.1.2.8.	Bestimmung von Brutto-Nitrifikation und Nitrat-Verbrauch	127
6.1.2.9.	Zusammenfassung des Modelles	129
6.1.3.	Berechnungen	130
6.2	Hypothesen zu den untersuchten Quellen	131
6.3	Ergebnisse	131
6.3.1.	Isotopenverhältnisse von Nitrat im Niederschlag	131
6.3.2.	Isotopenverhältnisse von Nitrat in Quellwässern	132
6.3.3.	Anteil des atmosphärischen Nitrat am Nitrat-Austrag	134
6.4	Diskussion	139
6.4.1.	Zur Methodik	139
6.4.2.	Nitrat aus Niederschlag im Quellwasser	140
6.4.3.	Nitrat-Auswaschung und Nitrat-Zirkulation: Eine Hypothese	142
7.	Nitrat-Austrag: Diskussion	144
7.1	Die Rolle von Mineralisation und Nitrifikation	144
7.2	Die Rolle der pflanzlichen Aufnahme	146
7.3	Die Rolle des Stickstoff-Eintrages	147
7.4	Isotopenchemische Befunde	149
7.5	Stickstoff-Sättigung	151
7.5.1.	Die Rolle des Nitrat für die Quellflurvegetation	153
7.6	Waldschäden	154
7.7	Maßnahmen	155
7.7.1.	Immissionskontrolle	155
7.7.2.	Forstwirtschaftliche Maßnahmen	155
8.	Zusammenfassung	157
9.	Summary	160
10.	Literatur	163
11.	Anhang	182