

Ausgewählte Waldnutzungsformen im Fichtelgebirge und ihr Beitrag zur heutigen Ausstattung der Waldökosysteme

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von Hubertus Schöllmann
geboren in Schmallebenberg
Göttingen 1999

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Friedrich Beese

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Klaus von Gadow

Tag der mündlichen Prüfung: 27. November 1998

D 7

Diese Arbeit wurde im Internet veröffentlicht unter:

<http://www.webdoc.sub.gwdg.de/diss/1999/schoellm/inhalt.htm>

Für Claudia, Theresa und Christina

DIE ZWEI WURZELN

Zwei Tannenwurzeln groß und alt
unterhalten sich im Wald.

Was droben in den Wipfeln rauscht,
das wird hier unten ausgetauscht.

Ein altes Eichhorn sitzt dabei
und strickt wohl Strümpfe für die zwei.

Die eine sagt: knig. Die andre sagt: knag.
Das ist genug für einen Tag.

Christian Morgenstern

Vorspann	
Inhaltsverzeichnis.....	
Abbildungsverzeichnis.....	I
Diagrammverzeichnis	III
Kartenverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung.....	1
2 Material und Methoden.....	38
3 Ergebnisse	74
4 Diskussion.....	151
5 Zusammenfassung.....	169
6 Literaturverzeichnis	171
7 Veröffentlichungen	181
8 Danksagung.....	182
9 Anhang.....	183
Lebenslauf.....	

Ausgewählte Waldnutzungsformen im Fichtelgebirge und ihr Beitrag zur
heutigen Ausstattung der Waldökosysteme

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von Hubertus Schöllmann
geboren in Schmallebenberg
Göttingen 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abbildungsverzeichnis	I
Diagrammverzeichnis	III
Kartenverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1. 1 Einführung in die Arbeit und Zielsetzung.....	1
1. 2 Natürliche und anthropogen bedingte Einflüsse auf das Ökosystem Wald	3
1. 2. 1 Allgemeine Einflußfaktoren	3
1. 2. 2 Verwitterung.....	4
1. 2. 2. 1 Allgemeines	4
1. 2. 2. 2 Physikalische Verwitterung	4
1. 2. 2. 3 Chemische Verwitterung	4
1. 2. 2. 3. 1 Allgemeines	4
1. 2. 2. 3. 2 Silikatverwitterung	5
1. 2. 2. 3. 3 Oxidation von Gitterbausteinen	5
1. 2. 2. 3. 4 Kationen-Freisetzung.....	6
1. 2. 2. 3. 5 Protonenverbrauch bei der Verwitterung.....	6
1. 2. 2. 3. 6 Puffersysteme und ihre pH-Bereiche in Böden	7
1. 2. 2. 3. 7 Ansprache im Gelände.....	9
1. 2. 3 Auswaschung.....	9
1. 2. 3. 1 Allgemeines	9
1. 2. 4 Stoffeinträge durch Deposition	9
1. 2. 4. 1 Emissionen, Immissionen, Depositionen.....	9
1. 2. 4. 1. 1 Definitionen	9
1. 2. 4. 1. 2 Nasse Deposition	10
1. 2. 4. 1. 3 Feuchte Deposition	10
1. 2. 4. 1. 4 Trockene Deposition.....	11
1. 2. 4. 1. 5 Übersicht Depositionsarten.....	11
1. 2. 4. 1. 6 Deposition im Freiland und im Wald	11
1. 2. 4. 2 Natürliche Stoffeinträge durch Deposition.....	12
1. 2. 4. 2. 1 Allgemeines	12
1. 2. 4. 2. 2 Natürliche Quellen.....	12
1. 2. 4. 3 Anthropogen bedingte Stoffeinträge durch Deposition.....	13
1. 2. 4. 3. 1 Art, Quellen, Transport und Eigenschaften der Luftverunreinigungen	13
1. 2. 4. 3. 2 Entwicklung der Luftverunreinigungen in Deutschland.....	15
1. 2. 4. 4 Deposition der wichtigsten Stoffe	17
1. 2. 4. 5 Depositionsmodell nach ULRICH.....	19
1. 2. 4. 6 Zusammenfassung Stoffeinträge	21
1. 2. 5 Biomasseexport	21
1. 2. 6 Düngung	22
1. 3 Spezielle ökologische Verhältnisse im Fichtelgebirge	23

1. 3. 1 Verwitterung im Fichtelgebirge	23
1. 3. 2 Auswaschungsraten im Fichtelgebirge.....	23
1. 3. 3 Depositionsverhältnisse im Fichtelgebirge	24
1. 3. 3. 1 Klimatische und wirtschaftliche Verhältnisse im Fichtelgebirge als Voraussetzung für die Depositionen	24
1. 3. 3. 2 Die wichtigsten deponierten Stoffe im Fichtelgebirge	25
1. 3. 3. 3 Entwicklung der Luftverunreinigungen im Fichtelgebirge	28
1. 3. 4 Biomasseexport im Fichtelgebirge.....	30
1. 3. 5 Düngung im Fichtelgebirge.....	30
1. 4 Waldgeschichte des Fichtelgebirges und historische Waldnutzungsformen	31
1. 4. 1 Besiedlung des Fichtelgebirges und Zustand der Wälder	31
1. 4. 2 Historische Waldnutzungsformen im Fichtelgebirge.....	34
1. 5 Stoffhaushaltliche Bilanzierungen	36
2 Material und Methoden.....	38
2. 1. Das Untersuchungsgebiet: ehemaliges Revier Tröstau im Fichtelgebirge	38
2. 1. 1 Auswahl des Untersuchungsgebietes	38
2. 1. 2 Lage.....	40
2. 1. 3 Geologie und Böden.....	40
2. 1. 3. 1 Geologie.....	40
2. 1. 3. 2 Böden.....	45
2. 1. 4 Klima.....	45
2. 1. 5 Natürliche und heutige Baumartenzusammensetzung	46
2. 2 Datenerfassung und Bearbeitung	47
2. 2. 1 Erfassung der historischen Daten	47
2. 2. 2 Erfassung der aktuellen Bodendaten	48
2. 2. 2. 1 Probennahme	48
2. 2. 2. 2 Aufarbeitung der Proben	50
2. 3 Datenbearbeitung und Auswertung.....	51
2. 3. 1 Bearbeitung und Auswertung von Karten.....	51
2. 3. 1. 1 Historische Karten	51
2. 3. 1. 2 Geologische Karte und Standorts-Karte	52
2. 3. 1. 3 Düngekarten.....	52
2. 3. 2 Bearbeitung der Streu- und Holzdaten	52
2. 3. 2. 1 Bearbeitung der Streudaten	52
2. 3. 2. 2 Bearbeitung der Holzdaten	53
2. 3. 2. 3 Berechnung der Elementgehalte von Streu und Holz.....	56
2. 3. 2. 4 Berechnung des Gesamt-Elementzugs (für jede Abteilung)	62
2. 3. 3 Bearbeitung der Düngungsdaten	62
2. 3. 3. 1 Zuordnung der Düngerarten und Düngemengen zu den Flächen.....	62
2. 3. 3. 2 Berechnung der Elementgehalte der Dünger.....	64
2. 3. 4 Depositionsmodelle.....	66
2. 3. 4. 1 Allgemeines.....	66
2. 3. 4. 2 Aktuelle Deposition.....	66
2. 3. 4. 2. 1 Feuchte Deposition	66

2. 3. 4. 2. 2 Nasse Deposition	67
2. 3. 4. 2. 3 Trockene Deposition.....	68
2. 3. 4. 3 Historische Deposition	69
2. 3. 5 Bearbeitung der Verwitterungsdaten.....	72
2. 3. 6 Bearbeitung der Auswaschungsdaten.....	73
2. 3. 7 Verschneidung aller Eintragungs- und Austragungsdaten.....	73
2. 3. 8 Statistische Auswertung der Bodendaten	73
2. 3. 9 Sonstige Berechnungen	73
3 Ergebnisse	74
3. 1 Historische Angaben	74
3. 1. 1 Historische Karten, Entstehung und Entwicklung der Distrikte und Abteilungen..	74
3. 1. 2 Historische Daten	102
3. 1. 3 Zeitlicher Gültigkeitsbereich der Karten.....	106
3. 2 Streugewichte	106
3. 3 Streuentnahme	107
3. 4 Holzentnahme	110
3. 5 Versauerung durch Biomassenutzung.....	113
3. 6 Altersklassenverteilung, BA-Zusammensetzung, Wuchsleistung	114
3. 7 Düngung.....	117
3. 8 Deposition	118
3. 9 Verwitterung	121
3. 10 Auswaschung	121
3. 11 Vergleich der verschiedenen Einflußfaktoren.....	122
3. 12 Ergebnisse der Bodenproben.....	123
3. 12. 1 Allgemeines.....	123
3. 12. 2 Allgemeine Bodenkennwerte	130
3. 12. 3 Chemische Bodenanalyse.....	135
3. 12. 4 Statistische Auswertung der Analyseergebnisse	145
3. 13 Bodenproben aus dem Jahre 1960.....	147
3. 14 Fehlerrechnung.....	149
4 Diskussion.....	151
4. 1 Entstehung und Entwicklung der Abteilungen, Veränderungen der Abteilungsgrenzen	151
4. 2 Altersklassentabellen, Baumarten und Wuchsleistung	152
4. 3 Historische Waldnutzung	153
4. 4 Versauerung durch Biomasseexport	155
4. 5 Düngung.....	157
4. 6 Deposition, Verwitterung, Auswaschung	158
4. 7 Bilanzierung der Einflußfaktoren durch Verschneidung der einzelnen Karten	163
4. 8 Bodendaten.....	164
4. 9 Vergleich historischer Humusproben mit den Bodenproben aus dem Untersuchungsgebiet im Jahre 1995.....	165
4. 10 Schlußfolgerungen	167

5 Zusammenfassung.....	169
6 Literaturverzeichnis	171
7 Veröffentlichungen	181
8 Danksagung.....	182
9 Anhang.....	183
Tabellen der Bodendaten.....	184
Allgemeine Angaben: Lage, Vegetation	184
Analyseergebnisse der Bodendaten.....	189
Humusangaben.....	214
Beispiel eines Streunutzungsplanes	216
Depositionskarten von Stickstoff, Schwefel, Kalium, Calcium und Magnesium.....	218
Karten über den Export von Stickstoff, Schwefel, Kalium, Calcium und Magnesium durch Biomasseentnahme.....	225

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Einflußfaktoren, welche die stoffliche Ausstattung des Waldbodens bestimmen
- Abbildung 2:** Schematischer Ablauf der stoffhaushaltlichen Bilanzierung
- Abbildung 3:** Wuchsbezirke im Untersuchungsgebiet
- Abbildung 4:** REDUC: KARTE DER KÖNIGLICHEN FORSTEI TRÖSTAU (westl. Teil 1798) (FA Wunsiedel, Karte 1798)
- Abbildung 5:** REDUC: KARTE DER KÖNIGLICHEN FORSTEI TRÖSTAU (östl. Teil 1798) (FA Wunsiedel, Karte 1798)
- Abbildung 6:** Holzbestandstabelle des Reviers Tröstau im Jahre 1798 (FA Wunsiedel, Karte 1798)
- Abbildung 7:** „Übersichts - Karte von der Königl: Forstrevier Farrenbach Königl: Forstamts Wunsiedel vermessen und gezeichnet in den Jahren 1827 und 1828, und copiert durch L. P. Seyler.“ (Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1827)
- Abbildung 8:** Holzbestandstabelle des Reviers Farrenbach aus dem Jahre 1835
- Abbildung 9:** „FORSTREVIER TROESTAU. 1846.“ (südöstlicher Teil)
- Abbildung 10:** Revier Tröstau im Jahre 1873 mit den geänderten Bezeichnungen für das Jahr 1897 (Ausschnitt)
- Abbildung 11:** „Wirtschaftskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL BETIEBSVERBAND Wunsiedel Stand vom Jahre 1932“ (Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1932)
- Abbildung 12:** „Wirtschaftskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand vom 1. 10. 1954. DISTR. III. (Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1954)
- Abbildung 13:** „Nutzungskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand 1. 1. 1966 DISTR. IV. u. V. (farbiger Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1966)
- Abbildung 14:** „Nutzungskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand 1. 1. 1966 DISTR. IV. u. V. (schwarz-weißer Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1966)
- Abbildung 15:** „Forstbetriebskarte (Waldpflege- und Nutzungskarte) Forstamt WUNSIEDEL BV. Wunsiedel DISTR.IV-VI Stand: 1.1.1981“ (Ausschnitt) (FA Wunsiedel)
- Abbildung 16:** „Forstbetriebskarte (Waldpflege- und Nutzungskarte) Forstamt WUNSIEDEL DISTR. IV-VI Stand: 1.1.1992“ (Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1992)
- Abbildung 17:** Probenpunkt 6 mit Bodenprofil (Phyllit, STO-Einheit 313, streugenutzt)
- Abbildung 18:** Probenpunkt 19 mit Bodenprofil (Phyllit, STO-Einheit 312, wenig streugenutzt)

Abbildung 19: Probenpunkt 28 mit Bodenprofil (Granit, STO-Einheit 102, wenig streugenutzt)

Abbildung 20: Probenpunkt 33 mit Bodenprofil (Granit, STO-Einheit 101, stark streugenutzt)

Abbildung 21: Probenpunkt 35 mit Bodenprofil (ebenfalls Granit, STO-Einheit 101, stark streugenutzt)

Diagrammverzeichnis

- Diagramm 1:** Entwicklung der Emissionen in Deutschland (nach ULRICH, 1989a)
- Diagramm 2:** Gewichtsverhältnis und Versauerungspotential bei Baumkompartimenten der Fichte (nach ENGLISCH, 1987)
- Diagramm 3:** Heutige Baumartenzusammensetzung im fichtelgebirgischen Teil des Forstamtes Wunsiedel (HÖHLER, H., 1998)
- Diagramm 4:** Entwicklung der Emissionen auf dem Gebiet der alten Bundesländern von 1815 bis 1990 (nach ULRICH, 1989a; UBA, 1989; HÄBERLE, 1984)
- Diagramm 5:** Die Streunutzung seit 1815 im Untersuchungsgebiet
- Diagramm 6:** Holzentnahme im Untersuchungsgebiet zwischen 1815 und 1990
- Diagramm 7:** Prozentuale Anteile der Holzsorten am Gesamteinschlag
- Diagramm 8:** Alterklassenverteilung im Untersuchungsgebiet 1798 (ohne Grünersberg) (FA Wunsiedel, Karte 1798)
- Diagramm 9:** Altersklassenverteilung im Revier Tröstau im Jahre 1845/46 (FA Wunsiedel, Revier Tröstau Zusammenstellung der Alters=Klassen. Nach dem Waldstande des Wirtschaftsjahres 1845/6)
- Diagramm 10:** Alterklassentabelle und Baumarten im Untersuchungsgebiet im Jahre 1910 (STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/25)
- Diagramm 11:** Vergleich der Einflußfaktoren auf den heutigen Bodenzustand am Beispiel der Abteilung Seilerschlag (Deposition als Mittelwert aus 10 % und 25 % Industrieeinfluß)
- Diagramm 12:** Verlauf der pH-Werte in den verschiedenen Bodenhorizonten bei unterschiedlichem geologischen Ausgangssubstrat
- Diagramm 13:** Beziehung zwischen gedüngten Ionen-Äquivalenten und der Basensättigung ($r = 0,53$)
- Diagramm 14:** Elementgehalte in der Trockensubstanz in den verschiedenen Bodentiefen auf Phyllit
- Diagramm 15:** Elementgehalte in der Trockensubstanz in den verschiedenen Bodentiefen auf Granit
- Diagramm 16:** Elementgehalte in der Trockensubstanz in den verschiedenen Bodentiefen auf Gneis
- Diagramm 17:** Einlagerung der Spurenelemente Mangan und Zink in das Holz einer 180jährigen Weißtanne (*Abies alba*) (nach SCHRIMPF, 1980)

Diagramm 18: Einlagerung der Spurenelemente Kupfer, Blei und Cadmium in das Holz einer 180jährigen Weißtanne (*Abies alba*) (nach SCHRIMPF, 1980)

Diagramm 19: Vergleich der Elementgehalte in der Streu zwischen 1876 und 1995

Kartenverzeichnis

- Karte 1:** Lage des Untersuchungsgebietes in Bayern
- Karte 2:** Übersicht über das Fichtelgebirge und das Untersuchungsgebiet
- Karte 3:** Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (nach Geologische Karte von Bayern, Nrn. 5937 Fichtelberg, 1978; 6037 Ebnath, 1982 und 6038 Waldershof, 1964)
- Karte 4:** Standortskarte des Untersuchungsgebietes
- Karte 5:** Lage der Probenpunkte auf Phyllit
- Karte 6:** Lage der Probenpunkte auf Granit und Gneis
- Karte 7:** Tröstau 1798
- Karte 8:** Forstrevier Farrenbach 1827/28
- Karte 9:** Forstrevier Tröstau 1846
- Karte 10:** Die Reviere des Fichtelgebirges im Jahre 1846 (nach Karten FA Wunsiedel, FA Goldkronach, Urkatasterarchiv München)
- Karte 11:** Flächenaufteilung und -numerierung des Untersuchungsgebietes im Jahre 1873 (Reviere Furthammer, Vordorf und Fichtelberg II)
- Karte 12:** Abteilungsgrenzen und -nummern für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1897 (STABA, K 350 V, Nrn. 1071 u. 1073; FA Wunsiedel, 15/22)
- Karte 13:** Abteilungsgrenzen und -nummern für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1932 (FA Wunsiedel, Karte 1932)
- Karte 14:** Abteilungsgrenzen und -nummern für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1954 (FA Wunsiedel, Karte 1954)
- Karte 15:** Abteilungsgrenzen und Flächenbezeichnungen für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1966 (FA Wunsiedel, Karte 1966 und Wirtschaftsbuch 1966 -1981)
- Karte 16:** Das Untersuchungsgebiet im Jahre 1981 (FA Wunsiedel, Karte 1981)
- Karte 17:** Das Untersuchungsgebiet im Jahre 1992 (FA Wunsiedel, Karte 1992)
- Karte 18:** Veränderungen der Flächenaufteilung der Distrikte und Abteilungen im Untersuchungsgebiet von 1798 bis 1992
- Karte 19:** Streuentnahme im Revier Tröstau zwischen 1820 und 1954
- Karte 20:** Holzentnahme im Untersuchungsgebiet von 1815 bis 1990
- Karte 21:** Versauerung durch Biomassenutzung im Revier Tröstau zwischen 1815 und 1990
- Karte 22:** Wuchsleistung im Revier Tröstau im Jahre 1860 (STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 14/20)

- Karte 23:** Düngung im Revier Tröstau zwischen 1948 und 1990 (z. T. mehrfach)
- Karte 24:** Gedüngte Ionen-Äquivalente im Revier Tröstau zwischen 1948 und 1990
- Karte 25:** Aktuelle Versauerung durch Deposition (Ionen-Äquivalente) im Untersuchungsgebiet
- Karte 26:** Szenario 1: Kumulative Versauerung durch Deposition (Ionen-Äquivalente) unter der Annahme, daß 10 % der Staub-Immissionen aus der Industrie stammen
- Karte 27:** Szenario 2: Kumulative Versauerung durch Deposition (Ionen-Äquivalente) unter der Annahme, daß 25 % der Staub-Immissionen aus der Industrie stammen
- Karte 28:** Verwitterungsraten im Untersuchungsgebiet Revier Tröstau
- Karte 29:** Die Auswaschung im Untersuchungsgebiet (in Abhängigkeit vom Niederschlag)
- Karte 30:** Probenpunkte und Versauerung durch Biomassennutzung (Ionen-Äquivalente) im Distrikt Grünersberg
- Karte 31:** Probenpunkte und Versauerung durch Biomassennutzung (Ionen-Äquivalente) im Distrikt Plattenberg
- Karte 32:** Durchschnittliche Entnahmetiefe (cm) der Bodenproben auf Phyllit im Distrikt Grünersberg
- Karte 33:** Durchschnittliche Entnahmetiefe (cm) der Bodenproben auf Granit und Gneis im Distrikt Plattenberg
- Karte 34:** Durchschnittliche Humusstärke (cm) auf Phyllit im Distrikt Grünersberg
- Karte 35:** Durchschnittliche Humusstärke (cm) auf Granit im Distrikt Plattenberg
- Karte 36:** AKe (mmol_c/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 0 bis 10 cm Tiefe
- Karte 37:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 10 bis 20 cm Tiefe
- Karte 38:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 20 bis 30 cm Tiefe
- Karte 39:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 30 bis 50 cm Tiefe
- Karte 40:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 50 bis 70 cm Tiefe
- Karte 41:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 0 bis 10 cm Tiefe
- Karte 42:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 10 bis 20 cm Tiefe

- Karte 43:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 20 bis 30 cm Tiefe
- Karte 44:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 30 bis 50 cm Tiefe
- Karte 45:** AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 50 bis 70 cm Tiefe
- Karte 46:** Lage der Probenpunkte von 1960 (punktförmig) und 1995 (sternförmig) im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes
- Karte 47:** Lage der Probenpunkte von 1960 (punktförmig) und 1995 (sternförmig) im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes

Karten im Anhang:

- Karte 48:** aktuelle Stickstoffdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)
- Karte 49:** Stickstoffdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % bzw. 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 50:** aktuelle Schwefeldeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)
- Karte 51:** Schwefeldeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % bzw. 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 52:** aktuelle Kaliumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)
- Karte 53:** Kaliumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 54:** Kaliumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 55:** aktuelle Calciumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)
- Karte 56:** Calciumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 57:** Calciumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 58:** aktuelle Magnesiumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)
- Karte 59:** Magnesiumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 60:** Magnesiumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)
- Karte 61:** Stickstoffexport durch Biomasseentnahme 1815-1990

Karte 62: Schwefelexport durch Biomasseentnahme 1815-1990

Karte 63: Kaliumexport durch Biomasseentnahme 1815-1990

Karte 64: Calciumexport durch Biomasseentnahme 1815-1990

Karte 65: Magnesiumexport durch Biomasseentnahme 1815-1990

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1:** Silikatverwitterungsraten einiger Böden auf typischen Ausgangsgesteinen (nach ULRICH, 1997)
- Tabelle 2:** Konservative und nicht konservative Ionen (nach ULRICH, 1985a)
- Tabelle 3:** Puffersysteme, pH-Bereiche und Bodenveränderungen durch Säureeintrag (nach ULRICH, 1985a)
- Tabelle 4:** Depositionsarten
- Tabelle 5:** Zusammensetzung des Meerwassers an Mineralien und ihr Verhältnis zueinander (nach MAYERS ENZYKLOPÄDISCHES LEXIKON, 1980)
- Tabelle 6:** Saure und alkalische Depositionsanteile aus natürlichen Quellen und %-Anteil an der globalen Gesamtemission der sauren Depositionsanteile
- Tabelle 7:** Saure und alkalische Depositionsanteile aus anthropogen bedingten Quellen und %-Anteil an der globalen Gesamtemission der sauren Depositionsanteile
- Tabelle 8:** Depositionsmengen in der Bundesrepublik Deutschland (BRECHTEL, 1989) und ausgewählter Untersuchungsgebiete (ULRICH, 1985b; FEGER, 1993; FBWL, 1989)
- Tabelle 9:** Auswaschungsraten auf den Versuchsflächen Oberwarmensteinach und Wülfersreuth im Fichtelgebirge zwischen Juli 1984 und Juni 1986 (nach HANTSCHHEL, 1987)
- Tabelle 10:** Prozentuale Verteilung der Windrichtungen an der Station Ochsenkopf (nach EIDEN et al., 1989)
- Tabelle 11:** Gewichtete Konzentrationen von Ionen im Niederschlagswasser ausgewählter Niederschlagsereignisse an den Standorten Wülfersreuth und Oberwarmensteinach (nach EIDEN et al., 1989, S. 72)
- Tabelle 12:** Prozentualer Anteil der Anionen und Kationen in Aerosolpartikeln an den Standorten Warmensteinach und Wülfersreuth (Juli 1985 bis April 1986) und im Niederschlagswasser der Stationen Ochsenkopf, Meilerhütte, Warmensteinach und Wülfersreuth (nach EIDEN et al., 1989)
- Tabelle 13:** Werte für die Gesamtdeposition verschiedener Stoffe im Fichtelgebirge.
- Tabelle 14:** Holz-, Torf und Kohlebedarf im Forstamt Wunsiedel 1879 (FA-Wunsiedel, 14/1b)

- Tabelle 15:** Einflußnahme des Menschen und Zustand der Wälder im Fichtelgebirge
- Tabelle 16:** Erläuterung zu der Legende von Karte 3 (nach Geologische Karte von Bayern 1 : 25000, Blätter 5937 Fichtelberg (1978), 6037 Ebnath (1982), 6038 Waldershof (1964), z. T. eigene Interpretation)
- Tabelle 17:** Klimawerte der Wuchsbezirke im Untersuchungsgebiet
- Tabelle 18:** Ursprüngliche Baumarten im Untersuchungsgebiet (nach STO-Werk Wunsiedel, 1992)
- Tabelle 19:** Übersicht der Probenpunkte
- Tabelle 20:** Die Derbholzmasse verschiedener Holzsortimente (nach GAYER, 1863)
- Tabelle 21:** Elementgehalte der verschiedenen Holzsortimente und Streuarten
- Tabelle 22:** Düngermengen aus den Angaben im Düngerordner
- Tabelle 23:** Dünger und ihre Zusammensetzung
- Tabelle 24:** Elementeintrag pro mm Nebelniederschlag (nach EIDEN et al. 1989)
- Tabelle 25:** Elementeintrag pro mm Regenniederschlag (nach HANTSCHHEL (1987) und dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1995))
- Tabelle 26:** Elementeintrag durch trockene Deposition
- Tabelle 27:** Faktoren für die verschiedenen Elemente bei unterschiedlicher Depositionsquelle
- Tabelle 28:** Ausgangsmaterialien und Verwitterungsraten im Untersuchungsgebiet
- Tabelle 29:** Verwitterungsmengen für die Elemente Na, K, Ca und Mg für verschiedene Bodentiefen
- Tabelle 30:** Distriktsbezeichnungen des Reviers Tröstau und Teile Vordorfs im Jahre 1798 bzw. 1804 (FA Wunsiedel, Karte 1798; STABA, T 2475) (1 Tgw. = 4600 m² ; FICKERT, 1989)
- Tabelle 31:** Distriktsbezeichnungen des Reviers Farrenbach im Jahre 1835 (FA Wunsiedel, Karte 1827) (Zu den 7378,21 Tgw. kommen noch 380,86 Tgw. fremdes Eigentum hinzu. 1 Tgw. = 3407,3 m²)
- Tabelle 32:** Bezeichnungen der Distrikte und Abteilungen ca. 1843
- Tabelle 33:** Bezeichnungen der Distrikte und Abteilungen ca. 1846

- Tabelle 34:** Bezeichnungen der Distrikte und Abteilungen 1860 und 1873 (STABA, verschnürter Bestand, K 403, 15/3 (1) Wirtschaftsbuch des Reviers Troestau nun Furthammer 1861/73)
- Tabelle 35:** Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1897 (STABA, K 350 V, Nrn. 1071 u. 827b)
- Tabelle 36:** Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1932
- Tabelle 37:** Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1954 (FA Wunsiedel, Karte 1954)
- Tabelle 38:** Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1966 (FA Wunsiedel, Karte 1966 und Wirtschaftsbuch 1966 -1981)
- Tabelle 39:** Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1981
- Tabelle 40:** Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1992
- Tabelle 41:** Anzahl und Größe der Distrikte und Abteilungen und Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes (in Klammern mit Vordorf und Grünersberg)
- Tabelle 42:** Vergleich der vom GIS berechneten Flächengrößen und der in der Holzbestandstabelle von 1798 angegebenen und in ha umgerechneten Distriktsgrößen
- Tabelle 43a:** Holzsortenangaben und ihre Einheiten zwischen 1815 und 1990 (Fortsetzung nächste Seite)
- Tabelle 43b:** Holzsortenangaben und ihre Einheiten zwischen 1815 und 1990
- Tabelle 44:** Zuteilung der Streu- und Holzdaten zu den Karten
- Tabelle 45:** Gewichte der Streumaterialien (nach FA Wunsiedel; OFD Bayreuth, FA PEGNITZ, 1987; WOLFF, 1880)
- Tabelle 46:** Durchschnittlicher Steingehalt der Bodenproben im Mineralboden in Prozent
- Tabelle 47:** pH-Werte der Bodenproben in unterschiedlichen Tiefen
- Tabelle 48:** Durchschnittliche Elementgehalte der Trockensubstanz in den verschiedenen Beprobungstiefen auf den verschiedenen Ausgangsgesteinen
- Tabelle 49:** Unterschiede im C/N-, C/P- und C/S-Verhältnis der Bodenproben auf unterschiedlich stark streugennutzten Böden
- Tabelle 50:** Orte der Probenpunkte von 1960 und Ergebnisse der chemischen Analyse (nach FA Wunsiedel, Düngeordner)

1 Einleitung

1. 1 Einführung in die Arbeit und Zielsetzung

Wenn heute von Versauerung der Waldböden gesprochen wird, werden in erster Linie die sauren Depositionen dafür verantwortlich gemacht. Säuren, vor allem H_2SO_4 und HNO_3 bzw. ihre Vorstufen (SO_2 , NO_x), werden aus industriellen Quellen (Kraftwerke, Fabriken) emittiert und mit der Luft in weit entfernte Gebiete transportiert. Dort gehen sie als saurer Niederschlag nieder und versauern die Böden.

In der vorliegenden Arbeit soll gezeigt werden, daß die Bodenversauerung nicht nur auf die sauren Depositionen zurückzuführen ist, sondern daß auch die historische Waldnutzung, also der Export von Biomasse aus dem Wald, an der Versauerung des Bodens beteiligt ist.

Betrachtet man den Wald als Ökosystem, so ist er als offenes System zu sehen, d. h. er tauscht Stoffe mit seiner Umgebung aus. In das Ökosystem Wald werden Stoffe eingetragen (Regen, Depositionen, Licht) und ausgetragen (Auswaschung, Holzentnahme). Auch innerhalb des Ökosystems werden Stoffe umgesetzt (Auf- und Abbau von Biomasse, Verwitterung des Ausgangsgesteins). Der größte Teil dieser Prozesse läuft über den Boden ab. In einem von Menschen unbeeinflussten Wald sind die Ein- und Austragungsraten gering und halten sich in etwa die Waage; die Stoffkreisläufe innerhalb des Ökosystems können als mehr oder weniger geschlossen betrachtet werden. Veränderungen der Ein- und Austragungsraten gehen meist sehr langsam vonstatten; das Ökosystem hat genug Zeit, darauf zu reagieren.

In einem stark anthropogen beeinflussten Wald dagegen sind die Stoffkreisläufe verändert. Die Eintragungsraten bestimmter Stoffe sind erhöht, die Austragungsraten ebenso, die internen Stoffkreisläufe werden verändert. Außerdem geschehen diese Veränderungen der Stoffkreisläufe für das Ökosystem Wald meist sehr plötzlich; das Ökosystem hat kaum Zeit darauf zu reagieren und sich anzupassen.

Heute werden die Depositionen von Schwefeldioxid und Stickoxiden als entscheidende Ursache für die Versauerung von Waldböden angesehen (FBWL, 1989). Der Eintrag dieser Stoffe bewirkte und bewirkt nach wie vor eine wesentliche Veränderung des Ökosystems Wald.

Saure Depositionen sind aber nur eine Ursache für die Versauerung von Waldböden. Beim Aufbau von Biomasse (Wachstum der Vegetation) werden im Waldboden ebenfalls Protonen gebildet, die bei der Zersetzung von Biomasse wieder abgebaut werden. Entnimmt man dem Wald diese Biomasse, etwa in Form von Holz, Ästen oder Streu, so werden die internen Stoffkreisläufe verändert; sie werden unterbrochen. Die Biomasse wird nicht mehr im Wald abgebaut und somit werden auch keine Protonen mehr verbraucht; die Versauerung bleibt im Boden erhalten.

Unsere Wirtschaftswälder werden schon seit einigen hundert Jahren genutzt, in früheren Zeiten sogar sehr viel intensiver als heute. Nicht nur Holz wurde dem Wald entnommen, sondern auch Rinde, Äste und Zweige der Bäume und die auf dem Boden liegende Streudecke. Gerade für den Aufbau der letztgenannten Kompartimente und der Streu wurden jedoch sehr viele Protonen freigesetzt. Wird die Biomasse nun entnommen, bleiben diese Protonen im Ökosystem erhalten.

Zahlreiche Untersuchungen belegen, daß die Nutzung des Waldes in historischer Zeit eine bedeutende Rolle hinsichtlich des heutigen Nährstoffzustandes der Waldböden spielt (FEGGER et al., 1993; GLATZEL, 1989; KREUTZER, 1972; LENZ et al., 1993; MALESSA, 1995).

FEGGER et al. (1993) weisen für die zwei Versuchsflächen im Schwarzwald darauf hin, daß die historische Nutzung eine große Rolle für den Chemismus des Bodens spielt: "Auswirkungen der aktuellen atmosphärischen Deposition auf den Stoffhaushalt sind zwar erkennbar, jedoch tritt die Deposition als differenzierender Faktor hinter standortsspezifische Ausstattung und ökosysteminterne Prozesse zurück. Besonders die Nutzungsgeschichte beeinflusst sehr stark den heutigen Elementumsatz." Nach GÜRTH et al. (1992) spielt die Bestandesgeschichte eine wichtige Rolle bei der Erkrankung von Hochlagenbeständen im Südwestschwarzwald. Hier seien vor allem die Holzkohlegewinnung, Überweidung und Veränderung der Baumarten von Buchen- und Buchen-Tannen-Beständen zu Fichtenbeständen zu nennen.

Für einzelne kleinere Flächen existieren Messungen über Stoffausträge aus einem Ökosystem (MATZNER et al., 1981; ZÖTTL, 1987; ZÖTTL et al., 1989), auch liegen Abschätzungen über Elementverluste durch bestimmte Nutzungen vor (EBERMAYER, 1876; KREUTZER, 1972; ENGLISCH, 1987).

Die Problematik dieser Untersuchungen besteht jedoch darin, daß sie entweder nur qualitative Aussagen hinsichtlich des Biomasseexportes machen, oder aber den Biomasseentzug lediglich abschätzen. Weiterhin beziehen sich die meisten Untersuchungen nur auf kleinere Landschaftsausschnitte (Bestände) und nicht auf einen regionalen Maßstab, d. h. etwaige Muster in der Flächennutzung werden nicht berücksichtigt.

Ziel dieser Untersuchung ist es daher, erstmals für ein definiertes Untersuchungsgebiet (ehemaliges Revier Tröstau im Fichtelgebirge) eine flächengenaue stoffhaushaltliche Bilanzierung des Stoffimportes und -exportes in und aus Wäldern im regionalen Maßstab vorzunehmen. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt dabei im forsthistorischen Bereich. Es soll hierbei besonders die räumliche Differenziertheit des Biomasseexportes durch die historische Waldnutzung herausgearbeitet werden. Weiterhin soll die Qualität der Daten untersucht und die Fragen beantwortet werden, wie weit und mit welcher Genauigkeit sich die historische Waldnutzung zurückverfolgen läßt und welche Besonderheiten hierbei zu berücksichtigen sind.

Um einen Vergleich mit den anderen Faktoren vornehmen zu können, die ebenfalls den Bodenzustand beeinflussen, sollen diese ebenfalls untersucht und quantifiziert werden. In diesem Teil der Arbeit, der sich mit der ökologischen Modellierung beschäftigt, soll untersucht werden, wie sich die Deposition im Laufe der Zeit verändert hat und ob es möglich ist, eine räumliche Variabilität festzustellen. Das Gleiche soll bei der Verwitterung und Auswaschung untersucht werden. Auch der Stoffimport bzw. -export durch Düngung sollen quantifiziert und die Ergebnisse mit denen des Biomasseexportes durch die historische Waldnutzung verglichen werden.

Wo es möglich ist, wird auf bereits bestehende Modelle zurückgegriffen oder die bestehenden Modelle werden modifiziert. Sind keine geeigneten Modelle vorhanden, werden neue Modelle erstellt.

Die Arbeitshypothese für diese Untersuchung lautet:

Die historische Nutzung des Waldes spiegelt sich in der Ausstattung des Bodens wider!

1. 2 Natürliche und anthropogen bedingte Einflüsse auf das Ökosystem Wald

1. 2. 1 Allgemeine Einflußfaktoren

Auf das Ökosystem Wald wirken viele verschiedene Faktoren, welche die stoffliche Ausstattung des Waldbodens mehr oder weniger bestimmen. Abbildung 1 zeigt die wichtigsten Einflußfaktoren. Einige dieser Faktoren lassen sich gut, andere dagegen weniger gut bestimmen.

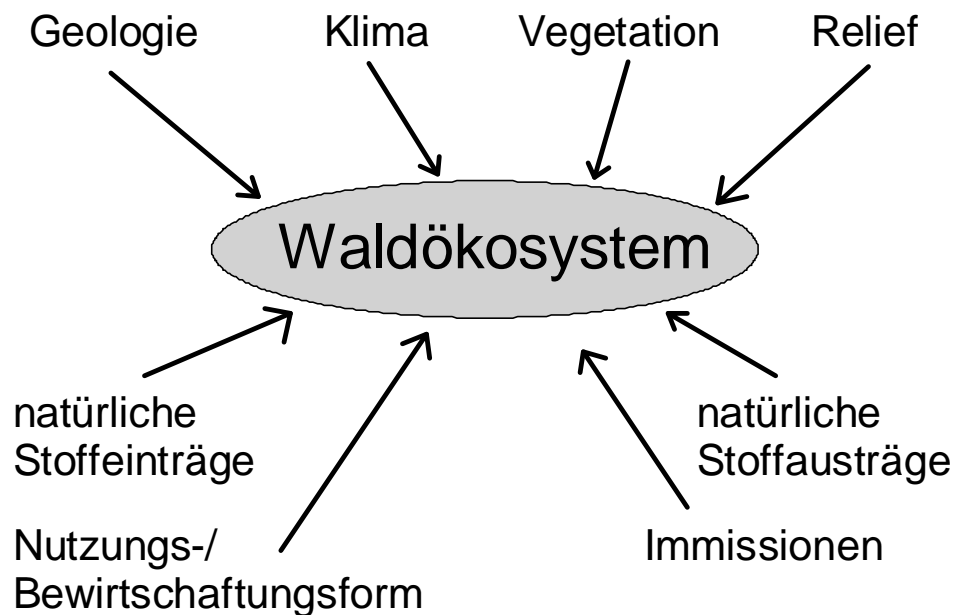


Abbildung 1: Einflußfaktoren, welche die stoffliche Ausstattung des Waldbodens bestimmen

Das geologische Ausgangsgestein der Bodenbildung kann chemisch analysiert werden. Anhand der Zusammensetzung aus verschiedenen Mineralien kann die Verwitterungsrate abgeschätzt werden. Man erhält so die Menge an Ionen, die in einem bestimmten Zeitintervall nachgeliefert wird. Die Bestimmung der natürlichen Stoffeinträge und -austräge ist in unseren anthropogen sehr stark beeinflussten mitteleuropäischen Wäldern nur schwer möglich. Ebenso verhält es sich mit der Bestimmung der rein anthropogen bedingten Einträge, da die natürlichen Einträge nicht auszuschalten sind. Zwar kann man die Gesamtdeposition messen, dabei können natürliche und anthropogen bedingte Stoffeinträge aber nur schwer differenziert werden. Anders verhält es sich mit der Nutzung von Biomasse. Der heutige Biomasseexport läßt sich qualitativ und quantitativ bestimmen. Liegen historische Daten über die Nutzung des Waldes vor, so läßt sich auch der frühere Biomasseexport berechnen und somit die Stoffausträge quantifizieren. Die Düngung von Waldbeständen, die um 1950 im Fichtelgebirge begann, läßt sich ebenfalls recht gut quantifizieren. Voraussetzung ist allerdings, daß entsprechende Unterlagen vorhanden sind.

Im Nachfolgenden werden die im Boden ablaufenden Prozesse, die einzelnen Faktoren sowie ihre Wirkungsweise näher beschrieben. Es handelt sich hier um die Prozesse der Verwitterung, der Auswaschung, der Deposition, des Biomasseexportes und der Düngung.

1. 2. 2 Verwitterung

1. 2. 2. 1 Allgemeines

Nach dem Abschmelzen der Eismassen nach der letzten Eiszeit lag in großen Bereichen Mitteleuropas nur noch das Ausgangsgestein vor, da die meisten Böden abgetragen worden waren. Aus diesem Ausgangsgestein bildeten sich durch physikalische und chemische Verwitterung unsere heutigen Böden.

1. 2. 2. 2 Physikalische Verwitterung

Bei der physikalischen Verwitterung zerfallen Gesteine in kleinere Teilchen, ohne daß sich die chemische Zusammensetzung des Gesteins ändert. Diese Art der Verwitterung kommt durch Druckabnahme, Temperatur- und Frostsprengung sowie durch mechanischen Druck von Pflanzenwurzeln zustande (SCHEFFER et al., 1984). Sie ist Voraussetzung für die chemische Verwitterung.

1. 2. 2. 3 Chemische Verwitterung

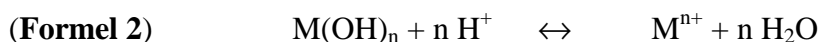
1. 2. 2. 3. 1 Allgemeines

Die chemische Verwitterung beruht auf einer Reihe von chemischen Reaktionen, bei denen die Minerale in ihrem Aufbau verändert oder aufgelöst werden (SCHEFFER et al., 1984). Bei diesem Vorgang werden Ionen freigesetzt, die von den Pflanzen aufgenommen werden können. Die chemische Verwitterung läuft an der Oberfläche von Gesteinen ab. Je kleiner die Korngröße der Minerale, desto größer wird die Angriffsfläche pro Volumeneinheit. Je größer also die physikalische Verwitterung vorangeschritten ist, umso größer ist die chemische Verwitterung (SCHEFFER et al., 1984).

Die Ionen, die bei der chemischen Verwitterung freigesetzt werden, untergliedert man nach ihren chemischen Reaktionen. Die Kationsäuren Al^{3+} , Fe^{3+} und Mn^{2+} reagieren mit Wasser zu unlöslichen Hydroxid-Ionen, wobei Protonen freigesetzt werden (Formel 1). Diese Ionen zählt man daher zu den Ma-Kationen (M = Metall, a = acid). Zugabe von Lauge kann den Prozeß nicht umkehren! Erst die Zugabe weiterer Säure löst die Hydroxide wieder auf.



Na^+ , K^+ , Ca^{2+} und Mg^{2+} dagegen bilden lösliche Hydroxid-Ionen und reagieren demzufolge wie Basen (Mb-Kationen, b = basic). Durch Zugabe von Säure wird der Prozess umgekehrt und die Säure somit neutralisiert (ULRICH, 1983b; ULRICH et al., 1986) (Formel 2).



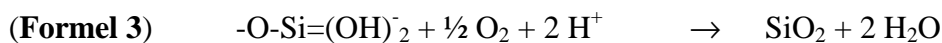
Unter natürlichen Bedingungen, d. h. bei einem Eintrag von Regen mit einem pH-Wert um 5, kann ein Boden nicht stark versauern. Die vorherrschende Säure ist die Kohlensäure (H_2CO_3), die als schwache Säure nicht zu pH-Werten im Boden unter 5 führen kann. Zu einer Versauerung des Bodens mit einem pH-Wert unter 5 kann es nur kommen, wenn entweder starke Säuren eingetragen werden oder sich im Ökosystem bilden. Die Raten des Säureeintrags müssen außerdem höher sein als die Raten der Verwitterung (ULRICH, 1985b). Nur dann kann es zur Freisetzung von Al^{3+} - und Fe^{3+} -Ionen kommen.

Die chemische Verwitterung der Gesteine im Boden beziehungsweise die Versauerung des Bodens läuft in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten ab, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird.

1. 2. 2. 3. 2 Silikatverwitterung

In einem ersten Schritt verwittern die primären Minerale, hier vor allem die Silikate, die mehr als 75-% des Gewichtes der Erdrinde ausmachen. Primäre Silikate sind magmatischer Entstehung, d. h. sie sind unter hoher Temperatur und hohem Druck gebildet worden. Ihre Verwitterung, d. h. chemische Umwandlung, ist unter den Bedingungen im Boden nicht rückgängig zu machen (Ausnahme Glimmer). Vor allem die Reaktionen der Kieselsäure ($\text{Si}(\text{OH})_4$) während ihrer Freisetzung aus dem Mineralgitter prägen die Verwitterung. Kieselsäure wird dabei vollständig oxidiert, wobei Wasser freigesetzt wird (Formel 3). Die Silikatverwitterung ist daher von Protonen abhängig, die aus fremden Quellen kommen, also außerhalb des Bodens gebildet wurden!

$\text{Si}(\text{OH})_4$ im Silikatgitter: $\text{O-Si}=(\text{OH})_2$



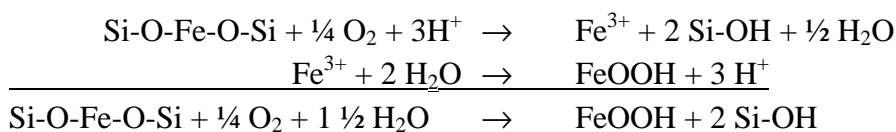
Die primären Silikate unterscheiden sich in der Komplexität ihres Aufbaus. Von den Inselsilikaten (einzelne SiO_4 -Tetraeder, z. B. Olivin), über die Kettensilikate (kettenförmige Anordnung der SiO_4 -Tetraeder, z. B. Augit), die Schichtsilikate (die SiO_4 -Tetraeder sind zweidimensional netzartig miteinander verknüpft, z. B. Muskovit) bis hin zu den Gerüstsilikaten (an allen vier O-Atomen des SiO_4 -Tetraeders liegen Si-O-Si-Bindungen vor, z. B. Feldspäte) nimmt ihre Stabilität zu. Die Stabilität eines Gesteins hängt daher unter anderem von den verschiedenen Mineralien ab, aus denen es zusammengesetzt ist.

In den primären Silikaten befinden sich neben Si und O_2 auch noch Al-Ionen, die das vierwertige Si verdrängt haben. Da Al jedoch dreiwertig ist, kommt es zu einem Überschuss an negativer Ladung. Diese wird durch den Einbau heteropolar gebundener Kationen (z. B. K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) in das Gitter kompensiert.

1. 2. 2. 3. 3 Oxidation von Gitterbausteinen

Minerale, die Fe- oder Mn-Ionen enthalten, verwittern schneller als Fe- oder Mn-freie Minerale. Fe und Mn werden durch den Luftsauerstoff oxidiert, wodurch die positive Ladung im Gitter zunimmt. Die anderen Kationen verlassen z. T. das Gitter, wodurch dieses instabil wird. Bei der Oxidation von Fe werden drei H^+ -Ionen verbraucht, die aber durch die Reaktion von Fe^{3+} mit Wasser wieder freigesetzt werden (Formel 4).

(Formel 4)



Die Gesamtreaktion verhält sich neutral. Sie läuft außerdem nur ab, wenn O_2 und H_2O zum Reaktionsort diffundieren können. Somit ist die Reaktionsgeschwindigkeit von der Diffusionsgeschwindigkeit der Reaktionspartner abhängig. Werden außerdem noch Diffusionswiderstände aufgebaut, etwa durch dünne Al- und Si-haltige Mineralüberzüge, so kann man leicht erkennen, daß die Verwitterung nicht unbedingt mit abnehmendem pH-Wert zunimmt, sondern weitgehend davon unabhängig ist (ULRICH, 1985b).

1. 2. 2. 3. 4 Kationen-Freisetzung

Der nächste Verwitterungsschritt nach der Oxidation von Gitterbausteinen ist die Freisetzung von Na^+ , K^+ , Mg^{2+} und Ca^{2+} , wobei die äquivalente Menge an H^+ -Ionen verbraucht wird! Al und Si bleiben in oxidischer Bindung. Erst ab einem pH-Wert von unter 5 wird ionares Al^{3+} freigesetzt. Bei einem pH-Wert zwischen 4 und 3 werden Eisenoxide aufgelöst (ULRICH, 1985b). Hierzu sind größere Mengen an externen H^+ -Ionen notwendig. Dabei muß berücksichtigt werden, daß für eine Abnahme des pH-Wertes von 4 auf 3 zehnmal mehr Protonen notwendig sind als für die Abnahme des pH-Wertes von 5 auf 4!

1. 2. 2. 3. 5 Protonenverbrauch bei der Verwitterung

Ein Maß für die Menge an Ionen, die durch Verwitterung freigesetzt werden und in die Bodenlösung übergehen, ist die Silikatverwitterungsrate. Sie wird in kmol Ionenäquivalenten an freigesetztem $Na^+ + K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}$ pro ha und Jahr pro 1 m Bodentiefe angegeben (ULRICH, 1997). Im Silikat- und Kationenaustausch-Pufferbereich kann die Silikatverwitterungsrate als pH-unabhängig betrachtet werden; im Al- und Fe-Pufferbereich ist mit einer erhöhten Freisetzung von Mg^{2+} aus dem Gitter der Tonminerale zu rechnen (ULRICH, 1997). Die Silikatverwitterungsraten von Böden auf typischen Ausgangsgesteinen gibt Tabelle 1 wieder:

Ausgangsgestein:	Silikatverwitterungsrate kmol IÄ/ha/a
Granit	0,7 ±0,4
Gabbro	1,5 ±0,9
Basalt	1,7 ±1,0
Grauwacke	0,2 ±0,1
Tonschiefer	0,4 ±0,2
Sandstein	0,1 ±0,05
Löß	0,3 ±0,15

Tabelle 1: Silikatverwitterungsraten einiger Böden auf typischen Ausgangsgesteinen (nach ULRICH, 1997)

Die Silikatverwitterung ist nicht nur von der Mineralzusammensetzung des Ausgangsgesteins abhängig, sondern auch von deren Verbund im Gesteinsverband. Auch Temperatur und Niederschlag bestimmen die Höhe der Silikatverwitterung. Da diese Faktoren nicht überall gleich sind, ergeben sich für das gleiche Ausgangsgestein unterschiedliche Angaben für die Verwitterung.

Bei der Silikatverwitterung werden Protonen aus externen Quellen verbraucht. Übersteigt die Menge an Protonen die Menge, die zur Silikatverwitterung notwendig ist, so werden die überschüssigen Protonen zur Freisetzung von Ma-Kationen (Al^{3+} , Mn^{2+} , $\text{Fe}^{2(3)+}$) verwendet. Ab einem pH-Wert < 5 wird Al aus oxidischer Bindung in ionares Al^{3+} überführt. Hierbei werden die Protonen abgepuffert, d. h. verbraucht, ganz im Gegensatz zur Freisetzung von Al im Silikat- und Austauscherpufferbereich, wo das Al in oxidischer Bindung bleibt.

1. 2. 2. 3. 6 Puffersysteme und ihre pH-Bereiche in Böden

Der pH-Wert eines Bodens sagt noch nichts über die Fähigkeit des Bodens aus, Säure abzu-puffern. Diese Fähigkeit des Bodens ist abhängig von der Menge an basisch wirkenden Kationen. Ein Maß, welches angibt, wie stark die Pufferwirkung eines Bodens ist, ist die **Säure-neutralisierungskapazität**, kurz SNK genannt (in mol IÄ / Masse). Sie ist die Differenz zwischen der Summe an konservativen Kationen und konservativen Anionen.

$$\text{SNK} = \Sigma \text{ konservative Kationen} - \Sigma \text{ konservative Anionen}$$

Unter konservativen Anionen versteht man Anionen, welche nach ihrem Umsatz im Ökosystem ihren Anionencharakter behalten. Im Gegensatz dazu verlieren die nichtkonservativen Anionen diesen Charakter, da sie in eine nichtionische Form überführt werden können (z. B. CO_3^{2-} , welches in CO_2 und H_2O übergehen kann).

Tabelle 2 zeigt die Aufteilung der Kationen und Anionen in konservative und nicht konservative Ionen.

		Kationen	Anionen	
Konservative		Na^+ , K^+	Cl^-	Konservative
		Mg^{2+}	SO_4^{2-}	
		Ca^{2+}	PO_4^{3-}	Anionen
Kationen	Kation-säuren	NH_4^+	O^{2-} , OH^-	nicht
		Al^{3+}	SiO_4^{4-}	konservative
		Mn^{2+} , Fe^{2+}	CO_3^{2-}	Anionen
		H^+	Org^-	

Tabelle 2: Konservative und nicht konservative Ionen (nach ULRICH, 1985a)

Werden in einen Boden von außen starke Säuren eingetragen, so versauert der Boden. Dabei durchläuft er verschiedene pH-Bereiche und Puffersysteme, die die eingetragenen Säuren durch bestimmte Reaktionen neutralisieren. Tabelle 3 zeigt die Puffersysteme, die pH-Bereiche und die dabei auftretenden Veränderungen im Boden.

Puffersubstanz	pH-Bereich	Reaktionsprodukt geringerer SNK (bodenchem. Veränderung)
Karbonat-Pufferbereich CaCO ₃	8.6 > pH > 6.2	Ca(HCO ₃) ₂ in Lösung (Ca- u. Basenauswaschung)
Silikat-Pufferbereich primäre Silikate	ganze pH-Skala vorherrschende Puffer- reaktion in carbonatfreien Böden pH > 5	Tonminerale (Vergrößerung der Kationen- austauschkapazität KAK)
Austauscher-Pufferbereich Tonminerale	5 ≥ pH ≥ 4.5	nicht austauschbare n [Al(OH) _x ^{(3-x)+}] (Blockierung permanenter Ladung Reduktion der KAK)
Mn-Oxide	5 ≥ pH ≥ 4.5	austauschbares Mn ²⁺ (Reduktion der Basensättigung)
Tonminerale	5 ≥ pH ≥ 4.2	austauschbares Al ³⁺ (Reduktion der Basensättigung)
n [Al(OH) _x ^{(3-x)+}]	4.5 ≥ pH ≥ 4.2	Al-hydroxosulfate (Akkumulation von Säure bei Be- lastung mit H ₂ SO ₄)
Al-Pufferbereich n [Al(OH) _x ^{(3-x)+}] Al-hydroxosulfate	4.2 > pH	Al ³⁺ in Lösung (Al-Auswaschung, Reduktion der permanenten Ladung?)
Al/Fe-Pufferbereich wie Al-Pufferbereich, ferner "Boden-Fe(OH) ₃ "	3.8 > pH	org. Fe-Komplexe (Reduktion der permanenten La- dung?)
Eisen-Pufferbereich Ferrihydrit	3.2 > pH	Fe ³⁺ (Reduktion der permanenten Ladung?)

Tabelle 3: Puffersysteme, pH-Bereiche und Bodenveränderungen durch Säureeintrag (nach ULRICH, 1985a)

Unter **Kationenaustauschkapazität** versteht man die Summe des negativen Ladungsüberschusses, der durch austauschbare Kationen kompensiert wird. Die Kationenaustauschkapazität wird auf eine Gewichts- oder Volumeneinheit bezogen und in mol Ionen-Äquivalenten (mol IÄ) ausgedrückt (ULRICH, 1985b).

Die Austauscher (Tonminerale, org. Substanzen) sind negativ geladen und lagern deshalb positiv geladene Ionen (Kationen) an. Die Austauschkapazität ist pH-abhängig. Daher gibt man die Austauschkapazität bei zwei verschiedenen pH-Werten an. Bei pH-Werten im neutralen Bereich erreicht die Austauschkapazität ihr Maximum. Man spricht daher von der **absoluten** oder **potentiellen Kationenaustauschkapazität** (AK_a). Bei abnehmendem pH-Wert wird ein Teil der negativen Ladung durch die Protonen neutralisiert. Daher ist die Austauschkapazität bei dem jeweilig vorherrschenden pH-Wert geringer als die potentielle Austauschkapazität. Man bezeichnet sie als **effektive Austauschkapazität** (AK_e).

Ein Boden mit hohem pH-Wert hat sehr viel mehr basisch wirkende Kationen (Mb: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) an seinem Austauscher als sauer wirkende (Ma: Al^{3+} , Mn^{2+} , $\text{Fe}^{2(3)+}$). Der prozentuale Anteil der Mb-Kationen an der Gesamtaustauschkapazität (Ma + Mb, ohne H^+) bezeichnet man als **Basensättigung**.

1. 2. 2. 3. 7 Ansprache im Gelände

Aus dem Zusammenspiel von physikalischer und chemischer Verwitterung sind unsere heutigen Böden entstanden. Anhand von Merkmalen des Bodens lassen sich Angaben über dessen Verwitterung machen. So besitzen Gesteine, die leicht verwitterbare Mineralien enthalten, deren Verbund im Gesteinsverband nicht so stark ist und bei denen eine starke physikalische Verwitterung stattgefunden hat, ein mächtiges Solum und sind tiefgründig verwittert. Ein geringmächtiges Solum, Skelettreichtum und flachgründige Standorte deuten dagegen auf schwere Verwitterbarkeit des Gesteins hin (ULRICH, 1985b).

1. 2. 3 Auswaschung

1. 2. 3. 1 Allgemeines

Unter Auswaschung versteht man den nach unten gerichteten Transport von Nährstoffen mit dem Sickerwasser. Dabei können die Nährstoffe in tiefere Bereiche des Bodens verlagert werden oder den Wurzelraum vollständig verlassen. Die Höhe der Auswaschung ist abhängig von der Konzentration der Nährstoffe im Sickerwasser und dessen Menge. Die Konzentration eines Stoffes im Sickerwasser ist abhängig vom jeweiligen Bodenzustand. Saure Böden enthalten beispielsweise sehr viel mehr Al-Ionen als alkalische Böden. Die Menge des Sickerwassers hängt direkt von der Niederschlagshöhe und der Verdunstung ab.

$$\text{Sickerwassermenge} = \text{Niederschlag} - \text{Verdunstung}$$

Die mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelraum transportierten Konzentrationen eines bestimmten Stoffes müssen nicht mit denen des Grundwassers identisch sein. Zwischen Wurzelraum und Grundwasseroberfläche finden verschiedene Prozesse statt (mikrobielle Vorgänge, Austausch- und Fällungsreaktionen, Verdünnungsvorgänge), die die Konzentration eines Stoffes verändern können (SCHEFFER et al., 1984).

1. 2. 4 Stoffeinträge durch Deposition

1. 2. 4. 1 Emissionen, Immissionen, Depositionen

1. 2. 4. 1. 1 Definitionen

Als Emissionen bezeichnet man die von einer festen oder beweglichen Anlage oder von Produkten an die Umwelt abgegebenen Luftverunreinigungen (Gase, Staub), Geräusche, Strahlen, Wärme, Erschütterungen oder ähnliche Erscheinungen. Wirken diese Luftverunreinigungen, Geräusche etc. auf Menschen, Tiere, Pflanzen oder Sachgüter, so spricht man von Immissionen. Gemessen werden diese als Schadstoff in der Luft oder Menge an Staub, die sich auf einer bestimmten Fläche pro Zeiteinheit niederschlägt (UBA, 1992).

Unter Staub versteht man die Gesamtheit aller Feststoffe ungeachtet ihrer chemischen Zusammensetzung (UBA, 1989). Eine andere übliche Bezeichnung ist Schwebstaub. Weiterhin

wird unterschieden zwischen Feinstaub und Grobstaub, wobei es eine einheitliche Größeneinteilung nicht gibt. ISRAËL et al. (1992) geben für Feinstaub eine Größe von bis zu 2,5 µm und für Grobstaub eine von 2,5 µm bis 10 µm an. WICHMANN et al. (1992) unterscheiden zwischen Grobstaub (Teilchengröße > 50 µm), Mittelstaub (10 - 50 µm), Feinstaub (0,5 - 10 µm) und Feinststaub (< 0,5 µm). Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Größe von 2 µm, da Teilchen, die kleiner sind als 2 µm, hauptsächlich durch nasse Prozesse abgelagert werden, solche, die größer sind als 2 µm, dagegen hauptsächlich durch Sedimentation (UBA, 1981). Heutzutage wird Staub fast ausschließlich als sogenannter Feinststaub emittiert, d. h. er ist in der Luft suspendierbar (FBWL, 1989).

Aerosole sind flüssige oder feste Stoffe mit einer Größe < 0,5 µm. Sie befinden sich in einem gasförmigen Dispersionsmittel im Schwebzustand und bilden so ein kolloiddisperses System (ULRICH, 1985b).

Als Deposition bezeichnet man die Ablagerung von Schadstoffen aus der Luft auf die belebte und unlebte Umwelt (UBA, 1992). Als Rezeptoren kommen Gewässer, Böden, technische Materialien aller Art sowie die mit der Atmosphäre in direktem Kontakt stehende Fauna und Flora in Betracht (FBWL, 1989). Man unterscheidet üblicherweise zwischen nasser und trockener Deposition, wobei aber eine scharfe Trennung zwischen beiden Depositionsarten nicht möglich ist. Den tatsächlichen Gegebenheiten wird eine Unterscheidung in nasse, feuchte und trockene Deposition besser gerecht.

1. 2. 4. 1. 2 Nasse Deposition

Der Austrag atmosphärischer Spurenstoffe mit Wasser in flüssiger (Regen) oder fester Form (Hagel, Schnee, Graupel) durch Sedimentation wird als nasse Deposition bezeichnet (FBWL, 1989). Sie ist rein durch Gravitation bedingt und entspricht dem Freilandniederschlag.

1. 2. 4. 1. 3 Feuchte Deposition

In Waldbeständen sind die Vorgänge der Deposition wesentlich komplizierter als im Freiland. Neben der nassen Deposition, die unabhängig vom Akzeptor, d. h. von der Bestandesoberfläche ist, gibt es noch die akzeptorabhängige nasse Deposition. Man bezeichnet sie auch als feuchte Deposition. Es handelt sich dabei um abgesetzten (Reif und Tau) oder abgefangenen (Nebel und Raufrost) Niederschlag (BRECHTEL, 1989). Wolken- oder Nebeltröpfchen werden durch die Zweige und Äste eines Bestandes bewegt. Dabei setzen sie sich an der Oberfläche der Nadeln, Blätter oder Zweige ab. Die Deposition ist umso stärker, je größer und rauher die Oberfläche des Akzeptors und je größer die Geschwindigkeit ist, mit der der Wind die Wolken oder den Nebel durch den Bestand bewegt.

Vor allem die immergrünen Fichtenaltbestände mit ihrer dichten Benadelung in den höheren Lagen der Mittelgebirge fungieren als Akzeptoren für Nebel und Raufrost (BRECHTEL, 1989). Die Wälder dort erhalten einen Großteil ihres jährlichen Niederschlages aus Nebelereignissen oder aufliegenden Wolken, in denen auch die Spurenstoffkonzentrationen höher liegen als im Regenwasser. Am Kahlen Asten im Hochsauerland etwa liegt der Spurenstoffeintrag für SO_4^{2-} , NO_3^- und Cl^- durch Nebel und Wolken in der gleichen Größenordnung wie der Eintrag durch Regen und Schnee, am Großen Arber im Bayerischen Wald sogar um den Faktor vier darüber (FBWL, 1989).

1. 2. 4. 1. 4 Trockene Deposition

Unter trockener Deposition versteht man die Sedimentation größerer Staubteilchen und die Ablagerung staubförmiger Partikel oder Gase an Rezeptoroberflächen. Gase und kleinere Partikel ($< 10 \mu\text{m}$) werden durch turbulente Diffusion an die Rezeptoren herantransportiert, größere Teilchen durch Gravitation sedimentiert (FBWL, 1989). Wie bei der nassen Deposition spielt die akzeptorabhängige Deposition auch hier eine große Rolle, vor allem die Interzeptions-speicherung. Darunter versteht man die Ablagerung von Gasen und Aerosolen an feuchte Oberflächen. Sehr häufig kommt die Interzeptionsdeposition bei den Waldbeständen der höheren Mittelgebirge vor (FBWL, 1989; BRECHTEL, 1989).

1. 2. 4. 1. 5 Übersicht Depositionsarten

Eine Übersicht der Depositionsarten gibt Tabelle 4.

Deposition			
Feuchte Deposition	Nasse Deposition	Trockene Deposition	
akzeptorabhängig	akzeptor <u>un</u> abhängig	akzeptor <u>un</u> abhängig	akzeptorabhängig
abgesetzt: Reif, Tau abgefangen: Nebel, Raufrost	Regen, Schnee, Hagel, Graupel (Freilandniederschlag)	Staub- niederschlag	Ab- u. Adsorption von Gasen, Abfangen von Stäuben
Interzeptions- Deposition, Impaktion	Sedimentation	Sedimentation	Interzeptions- Deposition, Impaktion, Lösung
	Niederschlagsdeposition		

Tabelle 4: Depositionsarten

1. 2. 4. 1. 6 Deposition im Freiland und im Wald

Die Depositionen im Freiland unterscheiden sich von denen in Waldbeständen. Während im Freiland die Deposition durch Sedimentation vorherrscht, werden im Wald Stoffe vor allem durch die großen Oberflächen der Bäume ausgefiltert (im Wesentlichen feuchte Deposition). Durch das Auskämmen der Luftmassen an großen Oberflächen können die Depositionsmengen etwa für SO_4^{2-} bei der Fichte gegenüber der Deposition im Freiland bis zu sechsmal höher liegen (SARTORIUS et al., in LENZ, 1991). Dabei ist die Höhe der Deposition abhängig von der Größe der Akzeptoroberfläche und von der Exposition des Bestandes. Ein Altbestand mit großen Kronen fängt größere Stoffmengen ein als ein Jungbestand. Bestände, die in Hauptwindrichtung an offenes Gelände grenzen, filtern sehr viel mehr Stoffe aus als Bestände innerhalb eines großen Waldkomplexes.

Die Gesamtdeposition, unter der man die Summe aller Depositionsarten (trockene, feuchte, nasse Deposition, Deposition durch Gravitation, Auskämmen an Ästen, Zweigen, Nadeln, Blättern) versteht, ist in Waldbeständen sehr viel höher als im Freiland. Die unterschiedlichen

Stofffrachten der verschiedenen Depositionsarten bewirken außerdem, daß in Waldbeständen andere Stoffe bzw. Stoffmengen deponiert werden als im Freiland.

1. 2. 4. 2 Natürliche Stoffeinträge durch Deposition

1. 2. 4. 2. 1 Allgemeines

Das Ökosystem Wald ist ein offenes System, d. h. es tauscht Stoffe mit seiner Umgebung aus. In einen vom Menschen unbeeinflußten Wald werden Stoffe hauptsächlich über die Atmosphäre eingetragen. Die Stoffe entstammen unterschiedlichen Quellen.

1. 2. 4. 2. 2 Natürliche Quellen

Staub wird hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Flächen ausgeweht und mit dem Wind über vergleichsweise kurze Strecken (km-Bereich) verfrachtet.

Nach ULRICH (1985b) und WICHMANN et al. (1992) entstammt natürlicher Staub folgenden Quellen:

- Vulkanausbrüche
- Aufwirbelungen vom Boden
- Salzaerosole durch Meerwasserversprühung
- Blütenstaub (Pollen)
- Höhenrauch von Waldbränden

Durch Regen und Schnee gelangen Ionen, die atlantischen Ursprungs sind, in den Wald. Ihr Anteil an der heutigen Deposition läßt sich aus der Zusammensetzung des Meerwassers an diesen Ionen berechnen. Dabei geht man von einem Ion aus, welches nur durch den Niederschlag eingetragen wird (Na, Cl) und keine anthropogenen Quellen besitzt. Zu der Menge dieses Ions werden die Mengen der anderen Ionen ins Verhältnis gesetzt und zwar so, wie sie im Meerwasser vorkämen. So erhält man den maritimen Anteil eines Ions an der Gesamtdeposition. Voraussetzung ist allerdings, daß dieses Ion keine andere Depositionsquelle besitzt. Überschreitet nun die Menge eines bestimmten Ions seine im Meerwasser äquivalente Menge, so muß der Teil, der über die äquivalente Menge hinausgeht, einen anderen Ursprung haben als das Meerwasser.

Element	g/l	Gew.-Verh. zu Na	Gew.-Verh. zu Cl	mol/l	mol. Verh. zu Na	mol. Verh. zu Cl
K	0,398	0,037	0,02	0,010	0,0187	0,022
Na	10,711	1	0,553	0,466	0,853	1
Ca	0,415	0,039	0,022	0,010	0,019	0,022
Mg	1,319	0,123	0,068	0,054	0,099	0,116
P	0,00007	0,000007	0,000039	2,26E-06	0,000004	0,0000047
S	0,896	0,084	0,046	0,028	0,051	0,06
Cl	19,367	1,808	1	0,546	1	1,172

Tabelle 5: Zusammensetzung des Meerwassers an Mineralien und ihr Verhältnis zueinander (nach MAYERS ENZYKLOPÄDISCHES LEXIKON, 1980)

Nach ISERMANN (1982) stammen folgende Stoffe und Stoffanteile aus natürlichen Quellen (globale Angaben):

Stoff	Quelle	%-Anteil an der Gesamtdeposition des Stoffes (global)
sauer:		
SO _x	Vulkane, auch marin	73,0
NO _x		93,5
Cl	u. a. auch marin	?
CO ₂		96,5
NH ₃	Ammonifikation (→ Nitrifikation)	99,4
S	aus Flugasche	
alkalisch:		
Bodenstaub Ca > Al, Fe, Mg	Deflation	
Flugasche [Al > Fe, Ca > Mg > K > Na > Ba, Sr > Schwermetalle] (Braunkohlenasche, kalkreicher als Steinkohlenasche)		
Marine Anteile [Na > Mg > K > Ca]		

Tabelle 6: Saure und alkalische Depositionsanteile aus natürlichen Quellen und %-Anteil an der globalen Gesamtemission der sauren Depositionsanteile

Die Angaben von ISERMANN (1982) beziehen sich auf die globalen Depositionen. In einem stark industrialisierten Gebiet wie Europa stammt jedoch ein größerer Teil der Depositionen aus anthropogenen Quellen. Genauere Angaben hierüber gibt es aber nur für wenige Elemente (FBWL, 1989).

1. 2. 4. 3 Anthropogen bedingte Stoffeinträge durch Deposition

1. 2. 4. 3. 1 Art, Quellen, Transport und Eigenschaften der Luftverunreinigungen

Unter anthropogen bedingten Stoffeinträgen versteht man diejenigen Stoffe bzw. Stoffmengen, die durch den Menschen verursacht werden und über das natürliche Maß der Deposition dieser Stoffe (siehe Kap. 1. 2. 4. 2) hinausgehen. Die Stoffe können in fester (Staub), flüssiger (Niederschlag) oder gasförmiger Form über die Atmosphäre eingetragen werden. Die wichtigsten Stoffe, welche Auswirkungen auf das Ökosystem Wald haben, sind

1. nicht-biologische Emissionen:

- Schwefeldioxid (SO₂)
- Stickoxide (NO_x)
- Staub

2. biologische Emissionen:

- Ammoniak (NH₃)

Die genannten Stoffe entstammen unterschiedlichen Quellen. Die nicht-biologischen Emissionen stammen aus Anlagen zur Energiegewinnung, dem Verkehr, Produktions- und Verarbeitungsanlagen sowie Haushalten. Die Emissionen an Ammoniak stammen hauptsächlich aus der Landwirtschaft (FBWL, 1989).

- Transport und chemische Veränderungen von emittierten Stoffen

Gelangt ein gas- oder partikelförmiger Stoff in die Luft, so kann er entweder direkt, d. h. in nächster Nähe der Emissionsquelle (bis zu 10 km), wieder deponiert oder über weitere Strecken transportiert (bis über 1000 km) werden. Beim Transport über lange Distanzen laufen verschiedene Prozesse ab, bevor das Gas oder der Partikel (häufig in veränderter Form) als trockene oder nasse Deposition (z. B. Regen) abgelagert wird (FBWL, 1989). Die Vorgänge, welche sich während der Wolkenbildung und in der Wolke abspielen, bezeichnet man als Ausregnen (rainout). Beim Niederfallen der Tropfen können aus der Luft noch Gase oder Partikel aufgenommen werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als Auswaschen (washout) (ULRICH, 1985b). Bewirkt ein Stoff durch seine Deposition Schäden an Bäumen, so spricht man etwa beim SO₂ im ersten Fall (Transport über kurze Entfernungen) von den sogenannten klassischen, im zweiten Fall (Transport über weite Strecken) von neuartigen Rauchsäden. Bei der trockenen Deposition wird Staub durch Sedimentation, Interzeptionsdeposition oder Impaktion abgelagert. Die Art der Ablagerung ist abhängig von der Größe der Teilchen. Große Teilchen werden vor allem durch Sedimentation in der Nähe der Emissionsquelle abgelagert, während kleine Teilchen meist über weite Strecken transportiert werden. Da sich große und kleine Staubteilchen in ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden, werden die in ihnen enthaltenen Elemente unterschiedlich weit transportiert (UBA, 1983b).

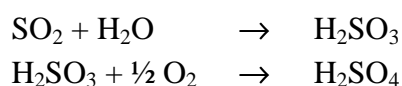
Gase lagern sich an feuchten Oberflächen ab (Impaktion), wobei sie sich im Wasser lösen und z. T. chemisch verändern.

Quellen und Transport der wichtigsten Stoffe im Einzelnen:

- Schwefeldioxid (Sulfat)

Jeder fossiler Brennstoff enthält Schwefel. Daher wird bei seiner Verbrennung Schwefeldioxid (SO₂) freigesetzt. Ein Gramm Schwefel bildet bei der Oxidation 2 g Schwefeldioxid (0,68 l). Weitere SO₂-Emissionsquellen sind in der Metallindustrie (Sinteranlagen, Röstanlagen, Hüttenwerke) und bei der chemischen Industrie (z. B. Schwefelsäurefabriken) zu finden, besitzen aber allenfalls lokale Bedeutung (WICHMANN et al., 1992). In Deutschland wird Schwefel zu ca. 80 % als trockene und zu 20 % als feuchte Deposition eingetragen (UBA, 1983a). Bei der Emission von Schwefeldioxid und seinem Transport über weite Strecken wird ein Teil des Gases durch chemische Reaktionen in Schwefelsäure (H₂SO₄) umgewandelt (Formel 5). Ein Zwischenprodukt ist die schweflige Säure (H₂SO₃).

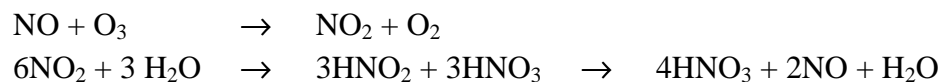
(Formel 5)



- Stickoxide

Stickstoffoxide entstammen chemischen Prozessen (Herstellung von Salpetersäure, Düngemittel, bei Nitrierungen und beim Beizen) oder entstehen bei der Verbrennung stickstoffhaltigen Materials. Vor allem aber werden sie aus dem Sauerstoff und Stickstoff der Luft bei hohen Temperaturen ($> 1000^{\circ}\text{C}$) gebildet. Daher entstehen die größten Mengen an Stickstoffoxiden bei Verbrennungsvorgängen in Kraftwerken und bei Kraftfahrzeugen. Vor allem NO wird ausgestoßen, welches dann zu NO_2 in der Luft oxidiert wird (WICHMANN et al., 1992) und in Verbindung mit Wasser weiter zu Salpetersäure reagiert (Formel 6).

(Formel 6)



- Staub

Als Staubquellen kommen nach WICHMANN et al. (1992) Feuerungsanlagen, Industrieanlagen der Metallgewinnung und Verarbeitung, der Kohleverarbeitung, der Industrie von Steinen und Erden sowie der Kraftverkehr in Betracht. Nach FBWL (1989) entstammen die Emissionen an Staub zu gleichen Teilen Verbrennungsprozessen (Flugasche, Ruß) und sonstigen Vorgängen (Stahlindustrie, Steine und Erden).

ULRICH (1985b) unterscheidet

- * Straßenstaub: Asphalt + Sand + Gummi + Blei + Teer + Ruß
- * Staub aus Feuerungsanlagen: Flugasche und Flugschlacke (nicht brennbar), Flugkoks, Ruß (amorpher teerhaltiger Kohlenstoff) und
- * Industriestäube: Zement- und Kalkfabriken (CaO), Braunkohle-Verarbeitung (C, CaO, Flugasche), Hochöfen, Sinteranlagen, Schmelzwerke, Gießereien (Pb, Cu, Cd, Zn, Mn, Mo, F, SiO_2 , Be)

- Ammoniak (NH_3)

Ammoniak entsteht im Rahmen von Zersetzungs Vorgängen bei Fauna und Flora und bei einer Reihe von technischen Prozessen (Ammoniak- und Salpetersäurefabriken, Kokereien, Gaswerken). Die größte Quelle dürfte aber die Massentierhaltung sein (FBWL, 1989; WICHMANN et al., 1992). Ammoniak wird entweder als Aerosol (NH_3) oder mit dem Regen als NH_4^+ deponiert.

1. 2. 4. 3. 2 Entwicklung der Luftverunreinigungen in Deutschland

Mit Beginn der Industrialisierung ab 1850 dürfte es in Deutschland zu Fernemissionen von Schadstoffen (Stickoxide und Schwefeldioxid) gekommen sein. Schon vor 1850 wußte man, daß die schweflige Säure für das Absterben des Waldes um die Fabriken verantwortlich war. 1848 begann STÖCKARDT (nach SPELSBERG, 1984) mit seinen Untersuchungen über die Auswirkungen der schwefligen Säure auf die Vegetation. Mit einer Verdünnungsreihe wollte er eine Unschädlichkeitsgrenze der schwefligen Säure nachweisen. Aber selbst bei einer Verdünnung von 1 Raumteil SO_2 zu 1 Millionen Raumteile Luft ($\cong 2,9 \text{ mg SO}_2 / \text{m}^3 \text{ Luft}$) fand er keine Grenze. Er glaubte, daß geringste Mengen schwefliger Säure über längere Zeit genauso

schädlich seien wie große Mengen über kurze Zeit (SPELSBERG, 1984). Weiterhin fand man heraus, daß nicht mehr nur die eine Fabrik Verursacher für die Luftverschmutzungen war, sondern daß mehrere Quellen in Frage kamen.

Um die schädlichen Auswirkungen des SO_2 in der Nähe der Emittenten zu vermindern bzw. ganz zu verhindern, baute man Schornsteine, die teilweise über 140 m hoch waren. Viele hatten spezielle Vorrichtungen, um die Abgase noch besser in der Luft zu verteilen. „Das unendliche Luftmeer, das unsere Wohnstätten umgibt, vermag diesen Schädling, die Säuren des Kohlenrauchs, bei richtiger Behandlung leicht unschädlich zu machen.“ Und: „Die Massen verbrauchter Steinkohle verschwinden spurlos in dem gewaltigen Luftmeer... lediglich die Verdünnung ist entscheidend“ (SPELSBERG, 1984).

Hierdurch wurde vor allem Schwefeldioxid (bzw. schweflige Säure) über weite Strecken transportiert. Aber nicht nur die Industrie war als Verursacher der schwefligen Säure anzusehen, auch die vielen kleinen Herde und Öfen, die Kohle verbrannten, trugen ihren Teil zur Luftverunreinigung bei.

Die Politik der hohen Schornsteine wurde bis in die siebziger Jahre dieses Jahrhunderts beibehalten. Anfang der sechziger Jahre erhielten neu errichtete Dampfkesselanlagen im Ruhrgebiet Schornsteine mit einer Höhe von 150 bis 200 m, ein Großkraftwerk in Norddeutschland, das hochschwefelhaltiges Schweröl verfeuerte, bekam sogar einen 220 m hohen Schornstein. Die erste Fassung der TA Luft von 1964 setzte erstmals Grenzwerte fest, aber nur für den Staubauswurf aus Industrie- und Kraftwerksschornsteinen. Schwefeldioxid konnte weiter ungehindert entweichen (SPELSBERG, 1984). 1974 wurde das Bundes-Immissionsschutzgesetz erlassen. Damit wurden die Immissionsschutzbestimmungen der Reichsgewerbeordnung von 1871, die sich nur wenig geändert hatten, abgelöst (WICHMANN et al., 1992). Die Großfeuerungsanlagenverordnung von 1983 war als Reaktion auf die 1982 festgestellten neuartigen Waldschäden anzusehen. In ihr, in der Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes von 1985 und der TA Luft von 1986 wurden Emissionsgrenzwerte nach dem Stand der Technik festgesetzt, die nicht nur für Neuanlagen, sondern auch für bestehende Anlagen galten. Damit wurde erstmals die Rauchgasentschwefelung vorgeschrieben. In den alten Bundesländern sollte der größte Teil der Großfeuerungsanlagen bis zum 1. Juli 1988 nachgerüstet sein, in den neuen Bundesländern bis zum 1. Juli 1996 (WICHMANN et al., 1992).

Betrachtet man die Emissionen von Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid seit Beginn der Industrialisierung (Diagramm 1), so erkennt man, mit Ausnahme der Jahre 1923, 1933 und 1945, ein stetiges Ansteigen für Schwefeldioxid bis 1980, danach einen starken Abfall. Stickstoffdioxid steigt ebenfalls, mit Ausnahme der Jahre 1923 und 1945, stetig an. Ein Abfall ist bis heute nicht zu verzeichnen. Rechnet man diese Werte in Säureäquivalente ($\text{kmol H}^+/\text{ha}$) um und addiert die Werte, so erhält man eine kumulative Säure-Emission (Diagramm 1). Nach SCHULZE et al. (1989) dürften die Immissionen im Fichtelgebirge dem Trend (der Emissionen) in Deutschland gefolgt sein.

Diagramm 1

107 KB

Diagramm 1: Entwicklung der Emissionen in Deutschland (nach ULRICH, 1989)

1. 2. 4. 4 *Deposition der wichtigsten Stoffe*

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die Depositionsmengen der wichtigsten Stoffe gegeben werden.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Quellen und Mengen anthropogen bedingter globaler Emissionen (nach ISERMANN, 1982)

Stoff	Quelle	%-Anteil an der Gesamtemission des Stoffes (global)
sauer:		
SO _x		27,0
NO _x		6,5
Cl		?
CO ₂		3,5
NH ₃	aus organ. Düngung, Fäkalien, Verbrennung	0,6
alkalisch:		
Flugasche (+ Zementstaub) [Al > Fe, Ca > Mg > K > Na > Ba, Sr > Schwermetalle] (Braunkohlenasche, kalkreicher als Steinkohlenasche)		

Tabelle 7: Saure und alkalische Depositionsanteile aus anthropogen bedingten Quellen und %-Anteil an der globalen Gesamtemission der sauren Depositionsanteile

Wie bereits unter Kapitel 1. 2. 4. 2. 2 Natürliche Quellen erwähnt, beziehen sich auch hier die Angaben auf die globale Deposition. In Europa und Deutschland dürften die Verhältnisse an-

ders liegen. Aber auch innerhalb kleinerer Regionen gibt es Unterschiede, wie am Beispiel des Fichtelgebirges noch zu sehen ist.

In der folgenden Tabelle sind die deponierten Stoffmengen nach Angaben verschiedener Autoren aufgeführt.

	Brechtel 1989	Brechtel 1989	Brechtel 1989	Brechtel 1989		
	Freiland	Bestand	Min.- Bestand	Max.- Bestand		
	verschiedene Untersuchungen					
	kg/ha/a	kg/ha/a	kg/ha/a	kg/ha/a		
H	0,52	1,34	0,25	3,4		
Na	7,6	21,1	4,9	67,5		
K	4,1	20,1	0,4	37,9		
Ca	7,9	19,5	9,9	34,4		
Mg	1,7	4,7	2,2	10,8		
NH ₄ -N	9,0	15,3	3,4	42,7		
NO ₃ -N	6,7	12,9	5,8	20,1		
Al	0,81	2,05	0,85	3,8		
Mn	0,24	2,8	0,4	8,1		
Fe	1,1	1,1	0,2	2,1		
	ULRICH 1985b	FEGER 1993	FEGER 1993	FEGER 1993	FBWL 1989	FBWL 1989
	Bestand Solling	Freiland- nieder- schlag	Bestand Schluch- see	Bestand Villingen	Bestand Wülfersreuth	Bestand Oberwarmen- steinach
	kg/ha/a	kg/ha/a	kg/ha/a	kg/ha/a	kg/ha/a	kg/ha/a
H	3,4	0,27	0,39	0,36	1,21	2,20
Na	16	4,4	5,2	4	9,20	11,04
K	3,29	1,6	1,9	2,5	7,43	9,38
Ca	27	4,7	5,5	5,7	20,04	19,64
Mg	4,8	0,9	1,1	1	4,37	4,86
NH ₄ -N		5,7	7	7,4	8,96	11,90
Al	3,8	0,13	0,2	0,18	5,13	8,63
Mn	8,1	0,05	0,06	0,14	0,00	0,00
Fe	2,1	0,09	0,12	0,12	0,00	0,00

Tabelle 8: Depositionsmengen in der Bundesrepublik Deutschland (BRECHTEL, 1989) und ausgewählter Untersuchungsgebiete (ULRICH, 1985b; FEGER, 1993; FBWL, 1989)

1. 2. 4. 5 Depositionsmodell nach ULRICH

Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Depositionsmengen in Waldbeständen gegenüber dem Freiland treten dadurch auf, daß die Stoffmengen, die in einem Bestand gemessen werden, nicht allein aus der Deposition stammen. Gelangt Niederschlagswasser auf Nadeln, Zweige und Äste, so werden Ionen aus trockener Deposition, die sich auf den Oberflächen abgelagert haben, im Niederschlagswasser gelöst. Daneben werden aber auch Ionen aus den Nadeln und der Rinde gelöst, die mit dem Niederschlagswasser nach unten auf den Waldboden oder in das Sammelgefäß gelangen (**leaching**). Andere Ionen werden direkt über die Stomata der Blätter und Nadeln aufgenommen. Sie gelangen somit erst gar nicht auf den Waldboden oder ins Sammelgefäß. Die Stoffmengen in einem Sammelgefäß entsprechen also nicht den Mengen, die durch Deposition ins Ökosystem eingetragen werden.

Um aber den Depositionsanteil der Ionen vom ökosysteminternen Anteil zu trennen, bedient man sich eines Ions, welches von den Nadeln und der Rinde des Baumes nicht abgegeben wird, wie etwa Cl oder Na. Hat man die Menge von z. B. Cl im Freilandniederschlag bestimmt, so kann die Menge an Cl, die durch Interzeptionsdeposition im Kronentraufenwasser enthalten ist, berechnet werden.

Da das Verhältnis der Ionen in der Interzeptionsdeposition annähernd dem Verhältnis der Ionen im Freilandniederschlag entspricht, lassen sich nun auch die Mengen der anderen Ionen in der Interzeptionsdeposition berechnen.

Die nachfolgende Rechnung mag dies verdeutlichen. Nach ULRICH (1983b/1994), HORN et al. (1989) und KLEMM (1989) berechnet sich der depositionsbedingte Anteil eines Ions in der Kronentraufe wie folgt:

Annahme:

Kronentraufe	D_t
Niederschlagsdeposition (Regen, Schnee, Nebel)	D_p
Interzeptionsdeposition (partik. u. gasförm. Deposition: Aerosole, Tau, Gasadsorption an feuchten Oberflächen)	D_i
Leaching/direkte Aufnahme (Austauschprozesse)	C_e

Es gilt:

$$D_t = D_p + D_i + C_e$$

Das Ergebnis ist für verschiedene Ionen unterschiedlich.

Die Interzeptionsdeposition (D_i) kann nicht direkt gemessen werden, daher wird die Gleichung nach D_i aufgelöst.

$$D_i = D_t - D_p - C_e$$

(C_e ist unbekannt)

Für Na und Cl gilt:

Das Leaching für Na und Cl (und SO₄) ist sehr klein und daher vernachlässigbar.
Die Cl-Gesamt-Deposition in der Kronentraufe ist gleich der Deposition von Chlorid durch Niederschlag und Interzeption.

$$D_t = D_p + D_i$$

Die Konzentrationsverhältnisse der Ionen sind in der Interzeptions-Deposition und Niederschlags-Deposition (annähernd) gleich. ($D_i^{Cl^-}/D_i^X = D_p^{Cl^-}/D_p^X$).

Hieraus läßt sich die Interzeptions-Deposition (D_i) für andere Ionen berechnen, die nicht im Kronendach absorbiert werden:

Für H⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ und SO₄²⁻ gilt:

$$D_i^X = D_i^{Cl^-}/D_p^{Cl^-} * D_p^X$$

$$f^{Cl^-} = D_i^{Cl^-}/D_p^{Cl^-}$$

$$\implies D_i^X = f^{Cl^-} * D_p^X$$

mit $X \in \{H^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}\}$

f^{Cl^-} = Faktor für die Fähigkeit eines Kronendaches, Aerosolpartikel zu adsorbieren

Werden $D_t^{Cl^-}$, D_t^X , $D_p^{Cl^-}$ und D_p^X über einen längeren Zeitraum gemessen, so ist nach Berechnung der Interzeption nur noch die **Kronenraum-Auswaschung** (C_e) ein unbekannter Parameter, der sich jetzt ebenfalls berechnen läßt.

Für Schwefel (S) giltpartikulär:

$$D_i^{S \text{ part}} = f^{Cl^-} * D_p^S$$

gasförmig:

$$D_i^{S \text{ ads.}} = D_t^S - D_p^S - D_i^{S \text{ part}}$$

gasf. Adsorption = Kronentraufe - Niederschlag - partikelförmige Deposition

SO ₂ -Assimilation	A ^S
Kronendachleitfähigkeit	g ^S _{canopy}
SO ₂ -Konzentration	S _{conc}

$$A^S = g_{\text{canopy}}^S * S_{\text{conc}}$$

Ein Teil der durch S-Komponenten deponierten Säure wird durch Austauschprozesse abgepuffert.

Für K, Mg und Ca gilt:

Die ausgetauschten Ionen werden durch den Regen ausgewaschen und können als Teil der Kronentraufe gemessen werden.

$$C_e^{ii} = D_t^{ii} - (D_p^{ii} + D_i^{ii \text{ part}})$$

ii = K, Mg, Ca

Für Stickstoff (N) gilt

Die Interzeptions-Deposition von Stickstoff kann über die S-Deposition und die Konzentration von N in der Gas-Phase und in Aerosolen hergeleitet werden.

$$D_i^{N \text{ part}} = D_i^{S \text{ part}} * (N/S)^{\text{aerosol}}$$

$$D_i^{N \text{ ads}} = D_i^{S \text{ ads}} * (N/S)^{\text{gas}}$$

N-Assimilation aus der Gasphase wird aus der Konzentration in der Atmosphäre und Kronendachleitfähigkeit berechnet.

$$A^N = g_{\text{canopy}}^N * N_{\text{conc}}$$

1. 2. 4. 6 Zusammenfassung Stoffeinträge

Die in einem Waldökosystem deponierten Stoffe entstammen unterschiedlichen Quellen, werden aber alle über die Atmosphäre eingetragen. Teilweise werden die Stoffe auf ihrem Weg chemisch verändert, bevor sie als trockene, nasse oder feuchte Deposition abgelagert werden. In Abhängigkeit von der Rezeptoroberfläche und dem Klima werden unterschiedlich hohe Mengen der Stoffe im Ökosystem Wald deponiert. Während man die Deposition durch Sedimentation (nasse und teilweise trockene Deposition) gut bestimmen kann, muß man zur Bestimmung der Interzeptionsdeposition Modelle heranziehen, die die Vorgänge im Kronendach berücksichtigen.

1. 2. 5 Biomasseexport

Biomasse enthält basisch wirkende Kationen. Beim Wachstum der Pflanze werden diese aufgenommen und im Austausch Protonen über die Wurzel in den Boden abgegeben. Beim Abbau der Biomasse werden die Kationen freigesetzt und dabei Protonen verbraucht. Es handelt sich um einen mehr oder weniger geschlossenen Kreislauf.

Wird aber Biomasse aus dem Wald entfernt, so kann diese nicht mehr am Ort ihrer Entstehung abgebaut werden. Die beim Aufbau der Biomasse abgegebenen Protonen bleiben also im Boden erhalten. ULRICH (1981) spricht in diesem Zusammenhang von einer Entkoppelung des Ionenkreislaufs.

Die Pflanzen und Pflanzenkompartimente enthalten unterschiedliche Mengen an basisch wirkenden Kationen. Blätter, Nadeln und Rinde enthalten viel mehr Kationen als etwa das Holz. In Diagramm 2 sind die Mengen an basisch wirkenden Kationen ins Verhältnis zu ihrem Gewicht bei einem Fichtenmodellbestand gesetzt. Man erkennt deutlich, daß die Rinde nur etwa 10 % des Holzgewichtes ausmacht, ihr Versauerungspotential, d. h. die Menge an basisch

wirkenden Kationen, aber in etwa gleich hoch ist wie das des Holzes. Noch deutlicher wird dieses ungleiche Verhältnis beim Reisig und bei den Nadeln.

Diagramm 2

56 KB

Diagramm 2: Gewichtsverhältnis und Versauerungspotential bei Baumkompartimenten der Fichte (nach ENGLISCH, 1987)

Neben den basisch wirkenden Kationen werden aber auch Stickstoff, Schwefel und andere Elemente dem Ökosystem entzogen. KREUTZER (1972) berechnete, daß bei der Streunutzung in Kiefernbeständen je nach Intensität zwischen 9 und 18 kg Stickstoff je ha und Jahr dem Waldboden entzogen werden.

1. 2. 6 Düngung

Hatte die Düngung von Waldbeständen in der Vergangenheit den Sinn, die Wachstumsleistung von meist schlechtwüchsigen Beständen zu verbessern, so wird sie heute vor allem angewendet, um einer weiteren Versauerung des Waldbodens entgegenzuwirken.

Gedüngt wird heute im wesentlichen mit Mg-saurem Kalk. Hierdurch soll einerseits ein akuter oder latenter Mg-Mangel beseitigt werden, andererseits wird die Austauschkapazität und die Basensättigung am Austauscher im Auflagehumus erhöht (BEESE et al.,1995). Die Kalkung wirkt aber auch im Mineralboden; somit wird auch einer Versauerung des Trinkwassers entgegengewirkt.

1. 3 Spezielle ökologische Verhältnisse im Fichtelgebirge

1. 3. 1 Verwitterung im Fichtelgebirge

Die Verwitterung im Fichtelgebirge ist abhängig vom geologischen Ausgangsgestein, von der Niederschlagsmenge und von der Temperatur. LENZ (1991) gibt für die im Untersuchungsgebiet vorkommenden geologischen Ausgangsgesteine folgende Silikatverwitterungsraten an.

Granit	0,5 - 1,0 kmol IÄ /ha/a
Gneis	0,5 - 1,0 kmol IÄ /ha/a
Phyllit	0,5 - 1,0 kmol IÄ /ha/a
Kalksilikatfels	1,0 - 1,5 kmol IÄ /ha/a

Diese Angaben beziehen sich allerdings nicht speziell auf das Fichtelgebirge, sondern auf ganz Nord-Ost-Bayern.

1. 3. 2 Auswaschungsraten im Fichtelgebirge

Im Fichtelgebirge wurden auf den Versuchsflächen in Oberwarmensteinach und Wülfersreuth folgende Auswaschungsraten in 50 cm und 85 cm Tiefe gemessen (nach HANTSCHHEL, 1987):

	in 50 cm Tiefe		in 85 cm Tiefe	
	kg/ha/a	kmol IÄ/ha/a	kg/ha/a	kmol IÄ/ha/a
H	0,31	0,31	0,49	0,49
K	12,34	0,32	13,3	0,34
Ca	19,6	0,98	18,1	0,9
Mg	18,71	1,54	17,84	1,47
Al	16,16	1,8	39,52	4,39
NH ₄ -N	1,07	0,076	2,13	0,15
NO ₃ -N	21,62	1,54	41,46	2,96
N	22,69	1,62	43,59	3,11
S	48,98	1,53	83,55	2,61
Saure Auswaschung		0,386		0,64
Basische Auswaschung		2,84		2,71
Versauerung		2,454		2,07

Tabelle 9: Auswaschungsraten auf den Versuchsflächen Oberwarmensteinach und Wülfersreuth im Fichtelgebirge zwischen Juli 1984 und Juni 1986 (nach HANTSCHHEL, 1987)

Die Auswaschungsraten in Wülfersreuth unterscheiden sich von den Auswaschungsraten in Oberwarmensteinach teilweise bis zu einem Faktor von über 7.

1. 3. 3 Depositionsverhältnisse im Fichtelgebirge

1. 3. 3. 1 Klimatische und wirtschaftliche Verhältnisse im Fichtelgebirge als Voraussetzung für die Depositionen

Die meisten Depositionen sind an das Klima gebunden. Sie sind abhängig vom Niederschlag, vom Wind und von der Entfernung zur Depositionsquelle. Um die spezielle Depositionssituation im Fichtelgebirge zu beschreiben, ist es daher nötig, an dieser Stelle einen Überblick über die klimatische und wirtschaftliche Situation in diesem Gebiet zu geben. Nähere Angaben über das Klima finden sich in Kapitel 2. 1. 4

EIDEN et al. (1989) charakterisieren das Fichtelgebirge klimatisch wie folgt: Das Fichtelgebirge liegt im Bereich des West-Wind-Gürtels der gemäßigten Breiten und im Osten von Zentral-Europa. Im Sommer bestimmen milde Luftmassen atlantischen Ursprungs die maritimen Wetterbedingungen mit westlichen Winden, milden Temperaturen, hoher Bewölkung und ausreichendem Niederschlag. Im Winter überwiegt dagegen der kontinentale Einfluß mit einem wolkenlosen Himmel, vorherrschend östliche Winde und damit trockener, aber sehr kalter Luft aus Rußland. Dementsprechend lange ist die Region im Winterhalbjahr von einer geschlossene Schneedecke bedeckt.

Die vorherrschenden Windrichtungen an der Station Ochsenkopf zeigt Tabelle 10. Vorherrschend kommt der Wind aus Westen.

Windrichtung	Häufigkeit (%)
N	10,5
NO	8,5
O	7,5
SO	6,5
S	6,5
SW	19,0
W	28,0
NW	13,5

Tabelle 10: Prozentuale Verteilung der Windrichtungen an der Station Ochsenkopf (nach EIDEN et al., 1989)

Im Fichtelgebirge sind heute hauptsächlich kleinere Glasfabriken, Porzellanfabriken und ein Kohlekraftwerk bei Arzberg angesiedelt. Die Industriegebiete Schweinfurts und Frankfurts liegen im Westen, im Südwesten das Industriegebiet von Nürnberg (ca. 60 km) und im Osten die gewaltigen chemischen Fabriken von Sokolov hinter der tschechischen Grenze, weniger als 50 km entfernt. Im Nordosten befinden sich die Industriegebiete der neuen Bundesländer (EIDEN et al., 1989; ULRICH, W., 1989).

1. 3. 3. 2 Die wichtigsten deponierten Stoffe im Fichtelgebirge

Die Eintragungsraten für die wichtigsten Depositionen wurden vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz gemessen (EIDEN et al., 1989). Die Hauptemissionsquelle für SO₂ ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Daher werden die höchsten SO₂-Immissionen auch im Winter, vor allem im Spätwinter, registriert. Diese hohen Konzentrationen kommen hauptsächlich durch Einträge aus nord- und südöstlicher Richtung (EIDEN et al., 1989) zustande. Auch die NO_x-Immissionen, die vor allem auf den Automobilverkehr zurückzuführen sind, sind im Winter am höchsten. In den Jahren 1970 bis 1983 setzten sich die Emissionen in Oberfranken etwa folgendermaßen zusammen:

Kraftwerk bei Arzberg:	40 %	14000 t/a
Industrie:	40 %	14000 t/a
Haushalte und Kleinverbraucher	15 %	5250 t/a
<u>Verkehr</u>	<u>5 %</u>	<u>1750 t/a</u>
Summa	100 %	35000 t/a

(REGIERUNG VON OBERFRANKEN, 1983)

Die Immissionen von Substanzen aus Verbrennungsprozessen steigen im Winter an und sind besonders hoch, wenn die Luftmassen zuvor die Gebiete der neuen Bundesländer und Tschechiens überquert haben. Die Deposition von SO₄²⁻, NH₄⁺, H₃O⁺ und der geogenen Kationen ist besonders hoch, wenn hoher Luftdruck herrscht und Winde aus Norden und Osten wehen.

Niederschlagswasser, das in Wülfersreuth und Oberwarmensteinach gesammelt und analysiert wurde, wurde mit Messungen vom Ochsenkopf (1000 m ü. NN., Luv) und bei Meilerhütte (695 m ü. NN., Lee) verglichen (EIDEN et al., 1989). Am Ochsenkopf waren die Depositionsraten höher, da hier aufgrund der Höhe (1000 m) auch der Niederschlag höher war. Die Konzentrationen dagegen waren sowohl am Ochsenkopf als auch bei Meilerhütte, in Wülfersreuth und Oberwarmensteinach annähernd gleich. Tabelle 11 gibt die mittleren Konzentrationen an Ionen im Niederschlagswasser für ausgewählte Niederschlagsereignisse von Mai 1984 bis August 1986 an.

Element	$\mu\text{mol/l}$
K^+	4,1
Na^+	5,1
Ca^{2+}	5,4
Mg^{2+}	1,55
NH_4^+	33,2
Cl^-	11,1
NO_3^-	24,6
SO_4^{2-}	30,6
Schwermetalle	
Cu	16 ng/l
Zn	211 $\mu\text{g/l}$
Pb	15 $\mu\text{g/l}$
Cd	0,6 $\mu\text{g/l}$

Tabelle 11: Gewichtete Konzentrationen von Ionen im Niederschlagswasser ausgewählter Niederschlagsereignisse an den Standorten Wülfersreuth und Oberwarmensteinach (nach EIDEN et al., 1989, S. 72)

Tabelle 12 gibt den prozentualen Anteil der Anionen und Kationen in Aerosolteilchen, im Niederschlagswasser und im Nebel an.

Anionen	trocken	naß	feucht	
	Aerosole (%)	Niederschlags- wasser (%)	Nebel Ochsenkopf (1020 m ü NN) (%)	Nebel Fichtelgebirge (650-800 m ü NN) (%)
Cl^-	$3,5 \pm 4,7$	$15,8 \pm 11,7$	6,3	11,7
NO_3^-	$21,2 \pm 12,4$	$39,1 \pm 12,4$	40,5	27,7
SO_4^{2-}	$75,3 \pm 15,9$	$45,1 \pm 10,5$	53,2	60,6
Kationen	%	%	%	%
Mg^{2+}	$3,2 \pm 2,5$	$2,1 \pm 2,5$	1,5	1
K^+	$3,3 \pm 1,2$	$3,2 \pm 5,4$	2,4	2,5
H_3O^+	$6,6 \pm 6,5$	$49,9 \pm 18,1$	30,7	34,3
Ca^{2+}	$10,1 \pm 7,4$	$7,7 \pm 5,5$	5,6	3
Na^+	$14,8 \pm 12,7$	$8,1 \pm 11,0$	6	5,4
NH_4^+	62 ± 18	$29,0 \pm 8,4$	53,8	53,8

Tabelle 12: Prozentualer Anteil der Anionen und Kationen in Aerosolpartikeln an den Standorten Warmensteinach und Wülfersreuth (Juli 1985 bis April 1986) und im Niederschlagswasser der Stationen Ochsenkopf, Meilerhütte, Warmensteinach und Wülfersreuth (nach EIDEN et al., 1989)

Vergleicht man die Anteile der Kationen und Anionen im Niederschlag von Wülfersreuth und Oberwarmensteinach mit denen in den Aerosolteilchen (Tabelle 12), so fällt einem der relativ höhere Anteil an Cl^- , NO_3^- und H_3O^+ im Niederschlag auf. Dies liegt daran, daß der überwiegende Teil des Niederschlages mit Luftmassen aus südwestlicher Richtung kommt. Dabei überwiegen Emissionen, die aus dem Fahrzeugverkehr oder aus maritimen Luftmassen mit Meerwasser stammen. Der hohe Anteil an H_3O^+ -Ionen läßt auf Reaktionen von Gasen mit dem Regenwasser schließen (z. B. $\text{SO}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$).

Entscheidend für die Höhe der Depositionen ist aber nicht das Verhältnis der Ionen untereinander - dieses gibt nur Aufschluß über die Herkunft einiger Ionen - sondern die absoluten Konzentrationen, die Höhe des Niederschlages, die Dauer des Nebelereignisses und der Sedimentation und die Eigenschaft der Rezeptoroberfläche, diese Stoffe aufzunehmen.

Im Nebelwasser werden die höchsten Konzentrationen an Ionen während stabiler Hochdruckwetterlagen bei östlichen Winden gemessen (ca. 10 mal höher als bei west- bis südwestlichen Winden). Aber auch in der Höhe (üNN) gibt es Unterschiede in den Konzentrationen. Hier wurden die höchsten Konzentrationen in einer Höhe von 700 - 800 m üNN gemessen, also direkt unterhalb der Temperatur-Inversion. Die hohen Konzentrationen an Schadstoffen in dieser Höhe, meist einhergehend mit leichten Winden, haben ihre Ursache in Schadstoffquellen, die in den Tälern und Niederungen des Gebirges liegen. Ihr Radius kann bei ca. 50 km liegen. Die Ionen-Konzentrationen im Nebel am Ochsenkopf (1024 m üNN) sind dagegen geringer. Dies liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit an den atmosphärischen Bedingungen und entfernten Quellen der Luftverschmutzung, die hier die größte Rolle spielen.

Tabelle 13 zeigt die Gesamtdepositionen, die in den letzten Jahren im Fichtelgebirge an verschiedenen Standorten gemessen wurden.

Element	nach KAUPENJOHANN, 1989 (kg/ha/a)
H^+	1,21 - 4,5
K^+	7,4 - 14,8
Na^+	keine Angaben
Ca^{2+}	9,9 - 27,4
Mg^{2+}	2,2 - 4,7
Fe^{3+}	keine Angaben
P	keine Angaben
S	34,8 - 189,3
Si	keine Angaben
Al^{3+}	keine Angaben
Mn^{2+}	keine Angaben
Cl^-	keine Angaben
N	23,0 - 46,5

Tabelle 13: Werte für die Gesamtdeposition verschiedener Stoffe im Fichtelgebirge.

Als Gesamtd deposition wird die Summe aller Depositionsarten bezeichnet (trockene, feuchte, nasse Deposition, Deposition durch Gravitation, Auskämmen an Ästen, Zweigen, Nadeln, Blättern). Durch das Auskämmen der Luftmassen an großen Oberflächen können die Depositionsmengen beispielsweise für SO_4^{2-} bei der Fichte gegenüber der Deposition im Freiland bis zu sechsmal höher liegen (SARTORIUS et al., in LENZ, 1991).

Dabei ist die Höhe der Deposition abhängig von der Größe der Akzeptoroberfläche und von der Exposition des Bestandes. Ein Altbestand mit großen Kronen kann größere Stoffmengen einfangen als ein Jungbestand. Bestände, die in Hauptwindrichtung an offenes Gelände grenzen, werden demnach sehr viel mehr Stoffe ausfiltern als Bestände innerhalb eines großen Waldkomplexes.

1. 3. 3. 3 Entwicklung der Luftverunreinigungen im Fichtelgebirge

Mit der Besiedlung des Fichtelgebirges hat der Mensch in die natürlichen Stoffkreisläufe dieser Region eingegriffen. So wurden dem Wald beispielsweise Stoffe, die ihm zunächst in Form von Holz entnommen wurden, später mit dem Hausbrand in Form von Rauchbestandteilen und Asche wieder zugeführt. Dies dürfte aber nur lokalen Charakter haben, und die Immissionen dürften nur in den Hauptwindrichtungen um die Feuerquellen stattgefunden haben.

Als dann in späteren Jahren die bergbauliche Tätigkeit aufgenommen wurde und damit auch die Eisenverhüttung und Eisenverarbeitung begann, wurden große Mengen an Holz und Holzkohle verbraucht. IMMERMANN (1837) (zitiert nach HABEL, 1992) beschreibt das Gebiet um Goldkronach mit seinem Bergbau folgendermaßen: „...doch gibt es auch Eisengruben, und außerdem bedecken Eisenhämmer, Rußhütten, Pechschwelereien, Sägemühlen und Blechschlägereien das Gelände. Überall daher Rauchsäulen, Hämmern und Klopfen.“ Die Verkohlung des Holzes fand überwiegend im Wald statt, denn so konnten Transportkosten gespart werden. Der Kohlholzverbrauch dürfte ein erstes Maximum im 15. und 16. Jahrhundert gehabt haben. Ein zweites Maximum scheint zwischen 1700 und 1740 gelegen zu haben und ein drittes vor 1800 (HABEL, 1992). Im 19. Jahrhundert wurde dann damit begonnen, Torf und Steinkohle zu verbrennen.

Nach einer Statistik aus dem Jahre 1879 wurden folgende Mengen an Holz, Torf und Kohle als Bauholz und als Brennholz im Forstamt Wunsiedel (Reviere: Furthammer, Vordorf, Weißenstadt, Bischofsgrün, Goldkronach, Sophienthal, Warmensteinach, Fichtelberg I u. II \cong Gesamtwaldfläche (Staats- und nichtärarische Waldungen) 23963 ha) benötigt (FA Wunsiedel, 14/1b):

		Derbholz Ster	Stöcke Ster	Torf Ster	Mineral- kohle Zentner
	Brennholz a. Zum Localbedarf				
1	Chemische Fabrik	600			400
6	Kalköfen	50			24000
10	Ziegelhütten	360			4500
2	Mechanische Spinnereien	18			4000
3	Dampf- und Handfärbereien und Druckereien	50			6000
2	Mechanische Webereien	30			19200
116	Dampf- und andere Bierbrauereien und Mälzereien	2100	2000		29750
107	Bäckereien	6030			
4	Tuch- und Wellenmanufakturen	80			4200
24	Hafner	720			
83	Nagel-, Huf- und Löffelschmiede	190			6600
1	Metallwarenfabrik	30			800
7	Waffenhämmer	400			1200
4	Maschinenfabriken	25			4200
2	Glashütten (1 für Fensterglas, 1 für Hohlglas)	850	1000	4000	500
5	Paterlhütten	6900	4100		
1	Gußstahldrahtfabrik	500			500
3	Holzdraht- und Zündholzfabriken	25			
1	Holzfaserstofffabrik	100			
4	Steinschleifereien	400		700	4000
1	Gasbrennerfabrik	22			3500
2	Kunstmühlen				900
3	Pechsiedereien und Rußbrennereien	50			
2	Bleichereien	700	200		6600
7261	Familien (@ 40000 Einwohner(5,5/Familie))	18886	12960	11500	46150
	b. auswärts	5543			
	Summa Brennholz	44659	20260	16200	167000
	Summa totalis jährl. Bedarf	65046	20260	16200	167000

(Die 167000 Zentner Kohle entsprechen einem Brennwert von 36740 Ster Holz.)

(Bei einer Waldfläche von 23963 ha entspricht der Holzbedarf etwa 60000 fm, das sind ungefähr 2,5 fm/ha)

Tabelle 14: Holz-, Torf und Kohlebedarf im Forstamt Wunsiedel 1879 (FA Wunsiedel, 14/1b)

Interessant in diesem Zusammenhang ist der Bedarf an Brennholz, Torf und Kohle. Wie man sieht, benötigt der Hausbrand die größten Mengen an Erb- und Stockholz, gefolgt von den Paterlhütten (Herstellung von Knöpfen aus Glas) und Bäckereien. Die größten Mengen an Mineralkohle werden ebenfalls für den Hausbrand benötigt, gefolgt von den Brauereien, den Kalköfen und den mechanischen Webereien. Die Hauptemittenten von luftverunreinigenden Substanzen im 19. Jahrhundert im Fichtelgebirge dürften demnach der Hausbrand, die Brauereien und die Kalköfen gewesen sein. Zu dem Verbrauch an Brennholz kam noch das Bauholz mit 20387 Ster, so daß der Gesamtholzverbrauch bei 65046 Ster Erbholz und 20260 Ster Stockholz lag.

Neben den Depositionen aus diesem Brennstoffverbrauch machten sich aber auch Depositionen bemerkbar, die durch Verarbeitungsprozesse von Eisen und Glas entstanden.

Nach SPELSBERG (1984) zeigten sich in Deutschland bereits Mitte des 19. Jahrhunderts, wo schon seit langem Metallerze gefunden, verhüttet und verarbeitet worden waren, sogenannte Rauchblößen. Es ist anzunehmen, daß dies im Fichtelgebirge auch der Fall war.

In den Jahren 1901 bis 1913 wurde ein Briefwechsel mit dem Besitzer einer Hohlglasfabrik in Hütten, FA Fichtelberg, geführt. Im sogenannten Heindlwald waren Hüttenrauchschädigungen aufgetreten, die durch die Schadstoffe der Fabrik entstanden sein sollten. Nadelproben des geschädigten Bestandes wurden unter anderem nach Tharandt geschickt, wo man feststellte, daß Fluor für die Schäden verantwortlich war. Dieses Fluor entwich bei der Herstellung von Weißglas, welches in der Fabrik hergestellt wurde (Odol-Fläschchen!) (STABA, K 350 IV, Nr. 2291).

Wie bereits unter Kapitel 1. 2. 4. 3. 2 erwähnt, dürften nach SCHULZE et al. (1989) die Immissionen im Fichtelgebirge dem Trend (der Emissionen) in Deutschland gefolgt sein.

1. 3. 4 Biomasseexport im Fichtelgebirge

Auf den Biomasseexport im Fichtelgebirge - vor allem in historischer Zeit - wird in Kapitel 1. 4 Waldgeschichte des Fichtelgebirges und historische Waldnutzungsformen näher eingegangen.

1. 3. 5 Düngung im Fichtelgebirge

Über die Düngung der Wälder des Fichtelgebirges ist aus der Literatur nichts bekannt, was für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sein könnte. Nähere Informationen zu diesem Thema finden sich unter Kapitel 3 Ergebnisse.

1. 4 Waldgeschichte des Fichtelgebirges und historische Waldnutzungsformen

1. 4. 1 Besiedlung des Fichtelgebirges und Zustand der Wälder

Zur Zeit der Römer bedeckte ein fast undurchdringlicher Urwald das Gebiet des heutigen Fichtelgebirges. Er war Teil des „Herzynischen Waldes“, wie die Römer alle deutschen Mittelgebirge östlich des Rheins und nördlich der Donau bezeichneten. Neben undurchdringlichen Wäldern gehörten dazu auch besiedelte Gebiete und offene Flächen (VEH, 1971). Die eigentliche Besiedlung des Fichtelgebirges erfolgte relativ spät. Zu einem ersten Rückgang des Waldes führte die sogenannte fränkische Landnahme mit der Merowingischen und Karolingischen Rodungswelle im 7. bis 10. Jahrhundert mit Schwerpunkt im unteren Regnitztal und Obermairtal (RUPPERT, 1990). Im 9. Jahrhundert führten Verkehrswege durch das Fichtelgebirge, wie aus Funden vorgeschichtlicher Rastplätze etwa bei Vordorf zu ersehen ist. Man kann annehmen, daß das Fichtelgebirge zu dieser Zeit eher saisonal wegen seiner Bodenschätze sowie wegen Pech und Honig genutzt wurde (HABEL, 1992).

Die zweite große Rodungsperiode und eine sich daraus ergebende Dauerbesiedlung wird für das 11. und 12. Jahrhundert angenommen. Dies hatte das Ziel, nach der Unterwerfung der Slawen weiteren Raum für fränkische Siedler zu schaffen. Zahlreiche Erstnennungen von Burgen und Siedlungen deuten dies an (Wunsiedel 1163, Waldstein 1168, Selb 1281). Günstig für die Rodung des Waldes und für die Landwirtschaft dürfte sich das milde Klima im Hochmittelalter ausgewirkt haben (HABEL, 1992). Die landwirtschaftliche Besiedlung reichte im Fichtelgebirge bis in Lagen um 650 m (RUPPERT, 1990). Seit dieser Zeit nahmen auch die Nutzungen des Waldes zuerst zur Weide und ab dem 16. Jahrhundert (beginnende Stallhaltung) zur Streuentnahme zu, die im 18. Jahrhundert einen gewissen Höhepunkt erreichten (ERNST, 1990, nach LENZ, 1991; GRAF, 1936; VEH, 1971).

Politisch gehörte das Gebiet vor dem 13. Jahrhundert zum Egerland. Die Orte Weißenstadt und Bischofsgrün waren die am weitesten vorgeschobenen Orte der Diözese Regensburg. Im 13. und 14. Jahrhundert brachten die Nürnberger Burggrafen das Gebiet unter ihre Herrschaft (DIMPFL, 1968). 1323 trat Ludwig der Bayer, deutscher König seit 1314, das Bergregal für Gold und Silber an Friedrich IV., Burggraf von Nürnberg, ab. Später wurde es auf alle Metalle erweitert (HABEL, 1992), so daß ab dem 14. Jahrhundert auch verstärkt Eisen abgebaut wurde. Durch die auflebenden bergbaulichen Tätigkeiten und die damit verbundene Bevölkerungszunahme kam es zur dritten größeren Rodungswelle.

Der Zustand der Wälder des Fichtelgebirges war im 14. Jahrhundert nicht der beste. Durch die Besiedlung des Gebirges und das Aufkommen des Bergbaus wurde der Wald immer stärker genutzt. Neben dem enormen Holzverbrauch der Montanindustrie (Eisenhämmer, Erzhöfen) und der Glasfabriken wurden viele Tausend Klafter Brenn- und Bauholz nach Sachsen und in die Gegenden am unteren Main geliefert (GRAF, 1935). Dazu kamen verschiedene Berufsgruppen, wie beispielsweise die Holzflößer, Pechbrenner, Pechscharren, Köhler und Pottaschesieder, welche durch ihr Gewerbe den Waldbestand dezimierten. Aber auch das Eintreiben des Viehs in den Wald und die Streunutzung schädigten den Wald erheblich. Die Behörden sahen sich veranlaßt einzugreifen und so wurden beispielsweise das Pechscharren und Kohlenbrennen im Jahre 1331 auf 7 Jahre verboten (GRAF, 1935).

Im 14. Jahrhundert dürfte der Wald wohl seine geringste Ausdehnung gehabt haben (GRAF, 1936). Nach einer Klimaverschlechterung im 14. Jahrhundert, durch Rückgang des Bergbaus, den 30-jährigen Krieg und durch die Pest im Jahre 1634/35 wurden bis zu 40 % der Siedlungen aufgegeben. Wald, besonders Fichtenwald, breitete sich wieder aus (RUPPERT, 1990; HABEL, 1992).

Im 17. u. 18. Jahrhundert erlebte der Bergbau noch einmal einen Höhepunkt, unter anderem mit der Eisengewinnung. Eisenerz wurde vor allem am Ochsenkopf, entlang des Kalkzuges zwischen Mehlmeisel - Furthammer - Wunsiedel, auf der Eisenleite bei Bad Berneck und bei an Quarzgängen gebundene Eisenglimmervorkommen um Fichtelberg abgebaut (GRAF, 1935). Bereits im 14. und 15. Jahrhundert, mit einer Blütezeit im 17. Jahrhundert, erlebte die Glaserzeugung um Bischofsgrün einen bedeutenden Aufschwung (DIMPFFEL, 1968). Dieser beruhte einerseits auf der leichten Schmelzbarkeit des Proterobas, andererseits auf dem Holzreichtum des Fichtelgebirges. Dabei wurde der immense Holzbedarf vorwiegend aus Buchen- und Tannenholz gedeckt (VEH, 1971). Durch die mit dem erneuten Aufkommen des Bergbaus verbundenen Siedlungs- und Rodungstätigkeiten wurden im wesentlichen die noch heute bestehenden Wald-Feld-Grenzen festgelegt.

Etwa ab 1730 ging der Bergbau wieder zurück (HABEL, 1992). Der Eisenerzabbau kam um 1860 zum Erliegen. Zu diesem Zeitpunkt gehörte das Fichtelgebirge zu Bayern, nachdem es bis 1791 zur Markgrafschaft Bayreuth und bis 1810 zu Preußen gehört hatte.

Ausführliche Angaben über die Forstgeschichte des Fichtelgebirges mit ihren Waldordnungen, den Rodungen und dem Einfluß des Bergbaus auf den Wald finden sich bei MAYER (1998).

Durch die Siedlungs- und Bergbautätigkeiten veränderte sich auch das Waldbild des Fichtelgebirges. Waren vor dem Einfluß des Menschen vorwiegend Fichte und Tanne mit reichlich Buche und anderem Laubholz gemischt anzutreffen, so veränderten sich die Wälder im Laufe der Jahrhunderte durch die Hege großer Wildmengen, durch den enormen Verbrauch der Hammerwerke an Tannen- und Buchenholz zu reinen Fichtenwäldern (VEH, 1971). Waldbeschreibungen aus dem 14. und 15. Jahrhundert geben ein Bild über den Zustand der Wälder des Fichtelgebirges wieder. LANG (1798) (zitiert nach CRUG, 1949) führt für das Jahr 1491 dazu folgendes aus: „Man fand in den Münchberger Waldungen wenig Bauholz, die jungen Anflüge durch die niedergestürzten faulen und dürren Stämme erstickt. ... Der Reichsforst war beinahe gänzlich abgebrannt. Gutes Zimmerholz mußte man bis vom Fichtelberg (=Fichtelgebirge) herholen. ... wurde 1542 die Waldbesichtigung, und zwar im Wunsiedler Bezirk, fortgesetzt. Man fand zwar genug Holz und in einem guten Zustand, aber „unzugänglich“, d. h. schlecht bringbar, und suchte es daher durch Kohlwerk zu nutzen. Bei Bischofsgrün standen schöne Buchen(!) und Fichtenwälder, aber „am ganzen Fichtelberg fehlte das Forrenholz“, welches die Obergebürger stark zum Wasserröhrenbau benötigten, „ausgenommen ob dem Rangen in der Ebene an der Mezlersreuter Haide und auf der Escher Haide gegen die Zoppeten.“... setzte die Kommission ihr Geschäft 1571 fort im Bezirk... von Wunsiedel, Thierstein und Hohenberg. Der hohe Wald und die hohe Kösseine stellten sich im Wunsiedler Bezirk als die vornehmlichsten Gehölze dar.“

Aus einer anderen Quelle (GRAF, 1936) ist zu erfahren, daß noch im Jahre 1744 im Bezirk Bischofsgrün 1527 Klafter Buchenholz und 8635 Klafter Fichten- und Tannenbrandholz geschlagen wurden. Außerdem wurden im Jahre 1753 1000 Stück junge Weißbuchen an die

Eremitage in Bayreuth geliefert. Weißbuchen (Hainbuchen) gab es 1936, kaum 200 Jahre später, im Bischofsgrüner Bezirk nicht mehr.

Diese Beschreibungen zeigen eine Veränderung des Waldbildes vom Laubholz zur Fichte. Eine echte Holzknappheit kommt offensichtlich nur in siedlungsnahen Gebieten vor (Reichswald), denn wo die „niedergestürzten faulen und dünnen Stämme“ die jungen Anflüge ersticken, scheint Holz vorhanden gewesen zu sein, man hat es aber wohl nicht genutzt. Auch schien in den siedlungsfernen Waldungen noch „gutes Zimmerholz“ zu stehen. Erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ließ man dem Wald „eine geregelte Pflege angedeihen“ (GRAF, 1936). Dies war unter anderem durch den Rückgang der Waldweide möglich geworden. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ging man auch mehr zur Kohlenfeuerung über, so daß der Wald als Brennholzlieferant entlastet wurde (GRAF, 1936).

Am Anfang des 20. Jahrhunderts schließlich waren an die Stelle der einstigen Laubwälder fast ausschließlich Nadelwälder getreten. Nach SCHULZE (1909) enthielt der Waldbestand des Bezirksamtes Wunsiedel 99,8 % Nadelholz und nur 0,2 % Laubholz, im wesentlichen Buche und Birke. Aufforstungen mit Buchen und Tannen scheiterten durch den hohen Wildbestand und Zäune konnten nicht finanziert werden (GRAF, 1936).

Erst in den nachfolgenden Jahren wurden wieder mehr und mehr Laubholz und Tanne eingebracht. Heute sind im Landkreis Wunsiedel 98 % Nadelholz und 2 % Laubholz vertreten (LENZ, 1991).

Tabelle 15 zeigt noch einmal zusammenfassend die Beeinflussung der Wälder im Fichtelgebirge und den Zustand der Wälder seit Beginn des menschlichen Einflusses.

Zeit	Beeinflussung durch den Menschen	Waldzustand, Baumarten
bis 800 n. Chr.	keine menschliche Beeinflussung	natürliche Waldgesellschaften Bu, Ta, in höheren Lagen Fi, BAh
9. u. 10. Jhrh.	Verkehrswege, saisonale Nutzung, Bergbau	natürliche Waldgesellschaften stärker genutzt
11. u. 12. Jhrh.	zweite Rodungswelle	natürliche Waldgesellschaften Rückgang des Waldes
13. u. 14. Jhrh.	Bergbau, dritte Rodungswelle	geringste Waldausdehnung, Wälder ausgebeutet
15. u. 16. Jhrh.	Rückgang des Bergbaus, Beginn der Streunutzung	Zunahme des Waldes, v. a. Fichte
17. u. 18. Jhrh.	erneute Bergbautätigkeiten, Streunutzung, Rückgang der Wald- weide; ab ca. 1750 geregelte Pflege des Waldes	Wald-Feldverteilung in etwa wie heute, Rückgang des Laubholzes, Ausbreitung von Fichte und Kiefer
19. Jhrh.	Übergang zur Kohlenfeuerung, da- durch Entlastung des Waldes als Brennholzlieferant	weitere Ausbreitung des Nadelwal- des
20. Jhrh.	extreme Beeinflussungen: reiner Wirtschaftswald	Ende 20. Jhrh. mehr Mischwald, aber auch Waldsterben

Tabelle 15: Einflußnahme des Menschen und Zustand der Wälder im Fichtelgebirge

1. 4. 2 Historische Waldnutzungsformen im Fichtelgebirge

Der Wald wurde in früheren Zeiten auf vielfältige Art und Weise genutzt. Neben seiner Funktion als Holz- und Brennholzlieferant für Bergwerke, für die metall- und glasverarbeitende Industrie und für die Bewohner der Siedlungen hatte der Wald noch weitere Funktionen, welche für die Bevölkerung häufig mehr wert waren als die Holznutzung. Gerade die siedlungsfernen Wälder, in denen das Holz wegen der großen Transportprobleme nicht genutzt werden konnte, wurden häufig „Gewerben überlassen, die das Holz oder einzelne Bestandteile und Früchte der Bäume so stark reduzierten und durch die Produkte gleichzeitig den Wert steigerten, daß auch die Waldbesitzer vom Gewinn dieser Gewerbe profitieren konnten“ (HABEL, 1992).

- Zeidelweide

Eines der ältesten Gewerbe ist die Waldbienenzucht, auch **Zeidelweide** genannt. In ausgehöhlten Baumstämmen wurden Bienen gezüchtet und der von ihnen produzierte Honig und das Wachs genutzt. Für das Fichtelgebirge ist die Zeidelweide seit 1285 nachgewiesen und wurde bis ins 16. Jahrhundert ausgeübt (HABEL, 1992).

- Nahrung

Zudem diente der Wald als **Nahrungslieferant**. Beeren und Pilze wurden für den Eigenbedarf gesammelt oder verkauft. Wild wurde nicht nur von den Jagdausübungsberechtigten (Landesherrn) erlegt, es gibt auch zahlreiche Hinweise auf Wilderei (HABEL, 1992).

Die vorgenannten Nutzungen des Waldes wirkten sich nicht sehr stark auf das Erscheinungsbild des Waldes aus. Weit mehr hingegen die nachfolgenden: Pottaschegewinnung, Harznutzung, Lohrindennutzung, Waldweide, Torfnutzung und ganz besonders die Streunutzung.

- Pottaschegewinnung

Der Holzverbrauch der Glashütten hatte, wie bereits unter 1. 4. 1. „Besiedlung des Fichtelgebirges und Zustand der Wälder“ erwähnt, große Ausmaße angenommen. Zum einen wurde mit dem Holz bzw. der Holzkohle das Glas geschmolzen, zum anderen wurde vor allem Buchenholz verbrannt, um aus der Asche die sogenannte **Pottasche** (K_2CO_3) zu gewinnen, welche den Schmelzpunkt des Glases von $1800^\circ C$ auf $1200^\circ C$ senkte (HABEL, 1992). Im 17. und 18. Jahrhundert wurden in Oberfranken viele Waldungen durch Herstellung von Holzkohle und Pottasche so stark geschädigt, daß in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts der Betrieb von Glashütten eingestellt wurde (RUPPERT, 1990).

- Harznutzung

Zur Nutzung der Nadelwälder gehörte auch die **Harznutzung**. Vor allem Fichten und Kiefern wurden mit speziellen Werkzeugen angerissen (Fichte) oder angebohrt (Kiefer) und das austretende Harz aufgefangen. Anschließend wurde es weiterverarbeitet zu Medikamenten, zur Farbenherstellung oder vermischt mit Leinöl zu Wagenschmiere (HABEL; 1992; VEH, 1969/70). Die angerissenen Bäume wurden oft von Bakterien und Pilzen befallen, die in das Holz eindrangen, es entwerteten und den Baum anfälliger gegen Wind und Sturm machten. Im Fichtelgebirge wurde noch während des II. Weltkriegs Harz genutzt, wenn auch nur in geringem Maße (VEH, 1969/70).

- Lohrindennutzung

In früheren Zeiten gab es noch keine chemisch hergestellten Gerbstoffe, daher mußte man auf natürliche Gerbsäuren zurückgreifen. Tannin ist beispielsweise in Fichtenrinde enthalten. Im Rahmen der **Lohrindennutzung** wurde die gemahlene Rinde zwischen Schichten roher Tierhäute gelegt und gewässert, bis nach einigen Monaten Leder daraus wurde. In einer Waldordnung von 1748 ist bestimmt, daß kein stehendes außer angerissenes Holz geschält werden dürfe (HABEL, 1992).

- Waldweide

Waldweide wurde bis ins 20. Jahrhundert im Fichtelgebirge ausgeübt. Rindvieh und Schafe wurden aufgrund von Weiderechten in den Wald bzw. in extra dafür ausgewiesene Bezirke getrieben. Die Tiere fraßen neben Gräsern auch junge Bäume oder das Laub von älteren. Junge Laubbäume wurden wegen ihrer weicheren Blätter (gegenüber Fichten und Kiefern) bevorzugt. Hierdurch wurden viele Laubholz-Jungwüchse vernichtet; Kiefer und Fichte konnten sich weiter ausbreiten. Wer kein Weiderecht besaß, konnte Grassammelscheine erhalten. Sie erlaubten dem Besitzer des Scheins, Gras im Wald zu rupfen. Geschnitten werden durfte es nicht, um die jungen Bäume nicht zu gefährden (HABEL, 1992).

- Torfnutzung

Im Fichtelgebirge mit seinen hohen Niederschlägen sind sehr viele Moore vorhanden. **Torf** wurde abgebaut, um als Brenn- oder (später) als Streumaterial genutzt zu werden.

- Streunutzung

Die weitaus waldschädlichste Nebennutzung war die **Streugewinnung**. Nadeln, Blätter, kleinere Äste und Zweige, aber auch der Bodenbewuchs wie Moos, Heide- und Beerkraut wurden im Wald zusammengereicht oder geschnitten (grüne Aststreu von frisch gefällten Nadelbäumen, Heide- und Beerkraut) und in die Ställe der Landwirte gefahren. Dort wurde die Streu den Tieren untergestreut, da für diese Zwecke kein Stroh zur Verfügung stand. Mit dem Dung der Tiere vermischt wurde die Streu anschließend auf den Feldern der Landwirte als guter Dünger ausgebracht. Durch den starken Nährelemententzug verarmte der Waldboden mehr und mehr, vor allem an Stickstoff. Auf den nährstoffarmen Böden siedelten sich Kiefer und Fichte an.

Unter Streu versteht man alle Pflanzenteile (frisch oder vermodert), die sich zum Unterstreuen im Stall eignen. REBEL (1920) gibt folgende Streuarten an:

aus dem Walde:

Bodenstreu und Aststreu

1. Bodenstreu:

1.1 Rechstreu - bestehend aus

- Laub
- Nadeln
- Knospenschuppen
- Rindenteilchen
- Zapfen
- Fruchtschalen

- feinen Zweigen
- zarten Gräsern und Kräutern
- Moos
- Flechten
- Mull
- Rohhumus
- Trockentorf

1.2 Unkrautstreu:

- Heidelbeere
- Preiselbeere
- Heidekraut
- Beerkraut
- lebende und abgestorbene Gräser
- Farren
- Kräuter aller Art

Bodenstreu ist demnach teils lebend, teils tot.

2. Aststreu

- ist kleingehacktes Nadelholzreisig

SCHRÖDER, 1878 (in WOLFF, 1880) gibt an, daß die Streu in einem ca. 35-jährigen Fichtenbestand zu 72,51 % aus Nadeln, 13,68 % aus Ästchen und 13,81 % aus fein geriebener organischer Substanz mit Erde, Moos etc. bestand.

Neben den genannten Nutzungen gab es noch weitere Nutzungsarten wie etwa die **Perlenfischerei** in den klaren Bächen oder die Nutzung von **Granitsteinen** in den Wäldern. Diese Nutzungsarten hatten aber keine oder nur geringe Auswirkungen auf das Erscheinungsbild des Waldes im Fichtelgebirge.

1. 5 Stoffhaushaltliche Bilanzierungen

Unter stoffhaushaltlicher Bilanzierung versteht man die Berechnung aller Stoffeinträge und -austräge auf einer bestimmten Fläche und für eine bestimmte Zeit. In der Literatur findet man für einzelne kleinere Flächen Messungen über Stoffausträge aus einem Ökosystem (MATZNER et al., 1981; ZÖTTL, 1987; ZÖTTL et al., 1989), ebenso liegen Abschätzungen über Elementverluste durch bestimmte Nutzungen vor (EBERMAYER, 1876; KREUTZER, 1972; ENGLISCH, 1987). LENZ (1991) erstellte für Fichtenstandorte in Nord-Ost-Bayern eine stoffhaushaltliche Bilanzierung der Ein- und Austräge. Die historische Waldnutzung blieb jedoch unberücksichtigt.

Die Problematik all dieser Untersuchungen besteht darin, daß sie entweder nur qualitative Aussagen hinsichtlich des Biomasseexportes machen, oder aber den Biomasseentzug lediglich abschätzen. Weiterhin beziehen sich die meisten Untersuchungen nur auf kleinere Landschaftsausschnitte (Bestände) und nicht auf einen regionalen Maßstab. Etwaige Muster in der Flächennutzung werden also nicht berücksichtigt.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, in einem regionalen Maßstab, alle Faktoren, die einen Einfluß auf die stoffliche Ausstattung des Ökosystems Wald haben, zu quantifizieren und etwaige Muster herauszuarbeiten. Abbildung 2 zeigt das Schema einer stoffhaushaltlichen Bilanzierung, die alle Einflüsse auf das Ökosystem Wald berücksichtigt. Dabei müssen die einzelnen Komponenten differenziert betrachtet werden, da sie zum einen aus verschiedenen Faktoren zusammengesetzt sein können (wie etwa die historische Nutzung aus Holzernte, Streunutzung und Waldweide) oder/und sich über die Zeit stark verändert haben (wie etwa die Deposition).

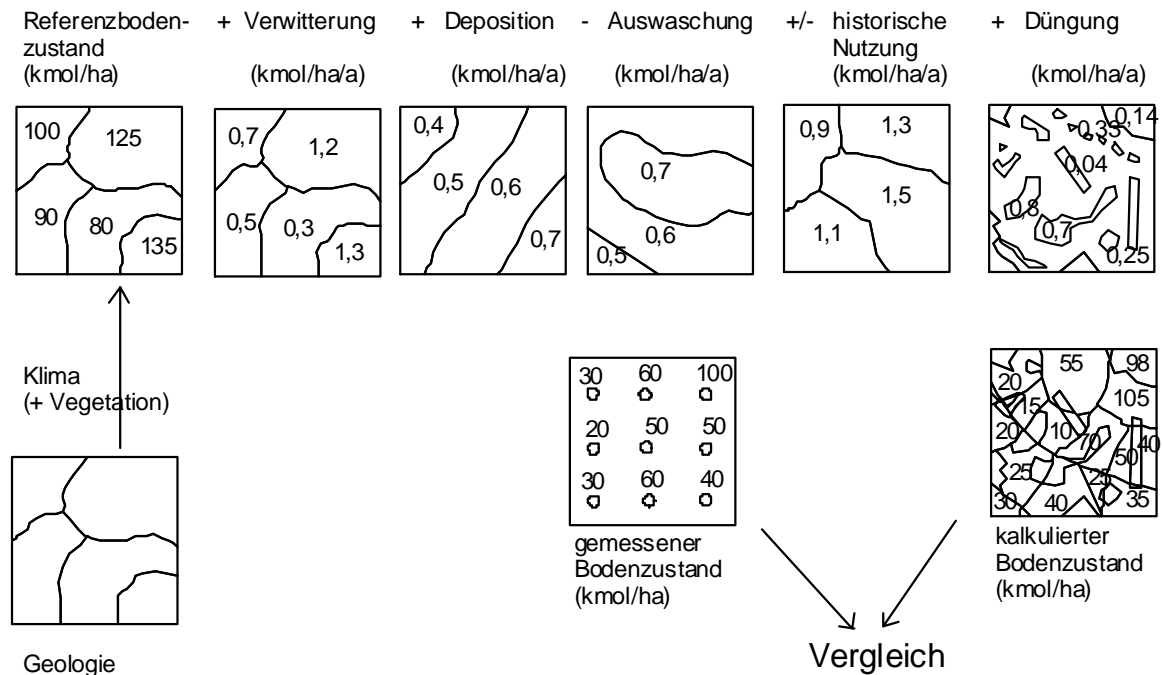


Abbildung 2: Schematischer Ablauf der stoffhaushaltlichen Bilanzierung

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es verschiedene Einflußfaktoren auf das Ökosystem Wald gab und gibt, die sich unterschiedlich stark auf die Versauerung des Waldbodens ausgewirkt haben. Die Intensität einiger Faktoren hat sich im Laufe der Zeit stark geändert, einige Faktoren sind verschwunden, andere dazugekommen. Um zu sehen, welche Faktoren am heutigen Zustand des Ökosystems Wald beteiligt sind, ist es notwendig, alle Faktoren einzeln zu betrachten und ihre Einflüsse zu quantifizieren.

Für die letzten 180 Jahre soll dies für das ehemalige Revier Tröstau im Fichtelgebirge unter besonderer Berücksichtigung der historischen Waldnutzung gezeigt werden.

2 Material und Methoden

2. 1. Das Untersuchungsgebiet: ehemaliges Revier Tröstau im Fichtelgebirge

2. 1. 1 Auswahl des Untersuchungsgebietes

Als Untersuchungsgebiet war zuerst derjenige Teil von NO-Bayern vorgesehen, für den LENZ (1991) eine stoffhaushaltliche Bilanzierung durchgeführt hatte. Aufgrund der schlechten Datenlage über historische Waldnutzung im Staatsarchiv Bamberg für das Gesamtgebiet und aufgrund des immensen Aufwandes, die Daten bei den Forstämtern zu erheben, wurde das ehemalige Revier Tröstau in den heutigen Forstämtern Wunsiedel und Fichtelberg wegen seiner guten Datenlage als Untersuchungsgebiet ausgewählt. Die Größe des Untersuchungsgebietes wurde auch deshalb eingeeengt, da schon bald feststand, daß die Höhe der Streuentnahmen innerhalb eines Revieres stark variierten. Daten für das Untersuchungsgebiet Tröstau waren sowohl im Staatsarchiv Bamberg als auch an den Forstämtern Wunsiedel und Fichtelberg vorhanden.

Karte 1 zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb Bayerns. In Karte 2 sind neben dem Untersuchungsgebiet weitere Orte angegeben, auf die in dieser Arbeit noch verwiesen wird. In dieser Karte sind deutlich die Berge und Täler eines Teils des Fichtelgebirges zu sehen.

Karte 1

67 KB

Karte 1: Lage des Untersuchungsgebietes in Bayern

Karte 2

155 KB

Karte 2: Übersicht über das Fichtelgebirge und das Untersuchungsgebiet

2. 1. 2 Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt in NO-Bayern im Fichtelgebirge und umfaßt Teile der heutigen Reviere Vordorf, Nagel und Wunsiedel II im Forstamt Wunsiedel sowie Teile des Reviers Fichtelberg im Forstamt Fichtelberg. Es hat eine Größe von ca. 2200 ha und liegt am südöstlichen Abhang des Fichtelgebirges mit den Bergen Platte (885 m üNN, im NW), Matzen (813 m üNN, im SW) und Kösseine (939 m üNN, im SO) (siehe auch Karte 2). Im Jahre 1846 war dieses Gebiet ein eigenes Revier namens Tröstau (ohne den Distrikt XII. Silberrangen). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird daher das Untersuchungsgebiet Revier Tröstau genannt. Das Untersuchungsgebiet liegt im Osten des Wuchsgebietes 8, Frankenwald, Fichtelgebirge und Steinwald, und gehört zu den Wuchsbezirken Fichtelgebirge (8.3), Selb - Wunsiedler Bucht (8.7) und zum Brand - Neusorger - Becken (8.4) (Abbildung 3, STO-Werk Wunsiedel, 1992)

Abbildung 3

231 KB

Abbildung 3: Wuchsbezirke im Untersuchungsgebiet

2. 1. 3 Geologie und Böden

2. 1. 3. 1 Geologie

Die Teile des Untersuchungsgebietes, welche zum Wuchsbezirk 8.3 Fichtelgebirge gehören, liegen in der submontanen und montanen Stufe des Gebirges. Es handelt sich hierbei um Hoch- und Kammlagen sowie mäßig steile und steile nach NO abfallende Hänge und Flanken, welche in die Selb-Wunsiedler Bucht überleiten. Die hohen Bergzüge bestehen aus härterem

Granit und Gneis und zeigen landschaftstypische Felsklippen, Blockmeere und Schuttströme (STO-Werk Wunsiedel, 1992).

Der Wuchsbezirk 8.4 Brand-Neusorger-Becken beinhaltet den kleinsten Teil des Untersuchungsgebietes. Er trennt durch seine nach Nordwesten hin offene und niederschlagsbegünstigte Beckenlandschaft den Steinwald vom Fichtelgebirge. Die Staatswaldungen des Forstamtes Wunsiedel liegen außerhalb der Beckenlandschaft im Verzahnungsbereich zum WB 8.3 Fichtelgebirge. Die Mittel- und Unterhangbereiche von Hohe Matzen und Kösseine erreichen Höhenlagen bis 650 m üNN. Hier kommen hauptsächlich Pseudogleye und Gleye vor (STO-Werk Wunsiedel, 1992).

Der WB 8.7 „Selb-Wunsiedler Bucht“ liegt im Inneren des Hufeisens, welches die Höhenzüge des Fichtelgebirges bilden. Die Landschaft ist wellig und hügelig mit Höhenlagen zwischen 500 - 600 m üNN und eher flach auf den Hochflächen. Die Selb-Wunsiedler Bucht liegt im Regenschattengebiet des Fichtelgebirges. Die Staatswaldungen, die ohne Ausnahme im Hochbecken von Wunsiedel liegen (die Unterhangbereiche des Höhenzuges Nußhardt-Platte - Hohe Matzen - Kösseine), stocken auf weicheren Gneisen und Phylliten (STO-Werk Wunsiedel, 1992).

Karte 3 zeigt die geologische Karte des Untersuchungsgebietes, Karte 4 die Standortskarte.

Karte 3

65 KB

Karte 3: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (nach Geologische Karte von Bayern, Nrn. 5937 Fichtelberg, 1978; 6037 Ebnath, 1982 und 6038 Waldershof, 1964)

Die Abkürzungen in der Legende sind in Tabelle 16 erläutert.

Abkürzung	Geologie
a	alluvialer Talboden
am	Metabasite
cbgl	Muscovit-Biotit-Glimmerschiefer, Muscovitquarzite
cbph	Basalphyllite
cbqh	Andalusit-Granat-Quarzithornfelse
d	diluvialer Wandschutt, Fließerden, Fließlehme
dfG2	jungdiluviale Fließerden der Hochlagen (Randgranit)
DfG3	jungdiluviale Fließerden der Hochlagen (Kerngranit)
dfGh	jungdiluviale Fließerden der Hochlagen (Gneis)
dfGr	jungdiluviale Fließerden der Hochlagen (Granit)
dGh	diluvialer Wandschutt, Fließerden, Fließlehme (Gneis)
dG2	jungdiluviale Fließerden der Hochlagen (Randgranit)
dG3	jungdiluviale Fließerden der Hochlagen (Kerngranit)
dG4	jungdiluviale Fließerden der Hochlagen (Zinngranit)
dKs	diluvialer Wandschutt, Fließerden, Fließlehme (Kalksilikatfels)
f	Talaufschüttung
fl	pleistozäner Wandschutt, Fließerden, Fließlehme
flG2	pleistozäner Wandschutt, Fließerden, Fließlehme (Randgranit)
flG3	pleistozäner Wandschutt, Fließerden, Fließlehme (Kerngranit)
flG4	pleistozäner Wandschutt, Fließerden, Fließlehme (Zinngranit)
flPh	pleistozäner Wandschutt, Fließerden, Fließlehme (Phyllit)
G2	Fichtelgebirgs-Randgranit, Köseingranit
G2S	Randgranit, überprägt d. unterlag. Zinngranit
G3	Fichtelgebirgs-Kerngranit
G4	Zinngranit
Gh	Orthogneis
gl/ph	monotone Quarzglimmerschiefer (Quarzphyllite) und Glimmerschiefer
ks	Kalksilikatfels
P	Porphyr
pfl	eiszeitliche Fließerde, Wandschutt
pflGr	eiszeitliche Fließerde, Wandschutt (Granit)
QFe	Quarz-Eisenglanzgänge
StBr	Steinbruch
Torf	Torf
Wasser	Wasser
Sn	ehemalige Zinnseifen

Tabelle 16: Erläuterung zu der Legende von Karte 3 (nach Geologische Karte von Bayern 1 : 25000, Blätter 5937 Fichtelberg (1978), 6037 Ebnath (1982), 6038 Waldershof (1964), z. T. eigene Interpretation)

Die geologischen Karten entstammen unterschiedlichen Jahren. An den Übergangsbereichen zwischen den verschiedenen Karten werden teilweise andere geologische Bezeichnungen gebraucht.

Karte 4

68 KB

Karte 4: Standortskarte des Untersuchungsgebietes

Die in der Legende der Karte 4 angegebenen Zahlen sind Verschlüsselungen, wobei die drei Zahlen für Substrat, Trophie und Wasserhaushalt stehen. Im nachfolgenden werden die Standorteinheiten genauer beschrieben (nach STO-Werk Wunsiedel, 1992; nicht alle Standorteinheiten sind angeführt)

I. Weitgehend ungeschichtete, lockere Mineralböden überwiegend autochtoner Verwitterung

sandig-grusige Verwitterungsböden

durchschnittlich nährstoffversorgte Standorte:

- 101 mäßig trockene bis mäßig frische, block- und steinreiche, lehmige Sande
- 102 mäßig frische, (\pm schluffig) lehmige Sande
- 103 mäßig frische bis frische, lehmige Sande und sandige Lehme

schluffig-steinige, sandige Verwitterungsböden

mineralschwache Standorte

- 312 mäßig trockene bis mäßig frische, podsolierte Schlufflehme
- 313 mäßig frische Schlufflehme
- 314 mäßig frische bis frische Schlufflehme

mittelarme, quarzkornreiche, (\pm podsolierte) Standorte

- 310 mäßig trockene bis mäßig frische Schlufflehme und Schluffsande
- 311 mäßig frische Schlufflehme und Schluffsande

lehmig-steinige Verwitterungsböden

mineralreiche Standorte

- 221 mäßig trockene bis mäßig frische, blockreiche Lehme
- 222 mäßig frische (\pm tonige) Lehme

223 mäßig frische bis frische, tonige Lehme

II. Umlagerungsdecken mit ausgeprägter Unterbodenverdichtung

mineralarme (podsolierte), steinreiche Hochlagenstandorte der Granitverwitterung (5 - 10 cm ausgeprägter Bleichhorizont, „Kipperstandorte“)

171 (mäßig trockene) bis mäßig frische, lehmige Sande und sandige Lehme

173 mäßig frische (bis frische), sandige Lehme und lehmige Sande

III. Standorte mit periodischem bzw. ständigem Wasserüberschuß

Pseudogleye in Hanglagen

188 hangwechselfeuchte, grusig-lehmige Sande und sandige Lehme (Granit)

387 mäßig hangwechselfeuchte, (\pm sandige) Schlufflehme (Schiefer)

388 hangwechselfeuchte, (\pm sandige) Schlufflehme (Schiefer)

288 (stark) hangwechselfeuchte, mineralreiche (\pm sandig-tonige) Lehme (Basalt)

Pseudogleye in Muldenlagen (bzw. nahezu ebenen Lagen)

108 wechselfeuchte, mineralschwache, grusig-lehmige Sande und sandige Lehme (Granit)

308 (stark) wechselfeuchte, (\pm tonige) schluffreiche Lehme

208 wechselfeuchte, mineralreiche (\pm blockreiche) tonige Lehme (Basalt)

268 mäßig wechselfeuchte bis wechselfeuchte, tonreiche Schlufflehme

Gleye (mineralische Naßböden, v. a. aus Fließerden, Wanderschutt und alluvialen Talfüllungen)

189 mineralschwache Hang- und Quellgleye (Anmoorgleye, Granit und Schiefer)

289 mineralreichere Hang- und Quellgleye

209 Muldengleye (Granit, Schiefer, Basalt)

Moore

909 leistungsfähige Übergangsmoore

911 abgetorfte Übergangs- und Hochmoore

919 Hochmoore

IV. Sonderstandorte

Fels- und Mosaikböden

030 Humus-Fels-Mosaik, überwiegend aus Granit

010 Block-Lehm-Mosaik, überwiegend aus Granit

021 Fels-Block-Lehm-Mosaik aus Basalt

Stark durch die Lage geprägte Standorte (Bachtälchen und Rinnen)

325 grundfeuchte (\pm vergleyte) kolluviale Lehme

Schürfflächen (ehemalige Zinnseifen)

189 lehmige Sande mit stark wechselndem Wasserhaushalt - überwiegend mineralische Hang-Naßböden

102 lehmige Sande mit wechselndem Wasserhaushalt – Hartböden

Interessant in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, daß im Standortswerk Wunsiedel bei den Besonderheiten der Standorteinheiten 312 und 313, die im Untersuchungsgebiet nur im Distrikt Grünersberg vorkommen (östl. Teil des Untersuchungsgebietes), „jahrhundertlange, intensive Streunutzung“ beziehungsweise „frühe starke Streunutzung“ angegeben ist.

2. 1. 3. 2 Böden

Aus den oben angeführten geologischen Ausgangsmaterialien bildeten sich unter Einfluß des Klimas die Böden. Die Böden werden nach STO-Werk WUNSIEDEL in zwei Gruppen gegliedert:

- Böden ohne Stau- bzw. Grundwassereinfluß (vor allem Braunerden)
- Wasserüberschußböden (vor allem Pseudogleye, Gleye, Moore)

Die Böden ohne Stau- bzw. Grundwassereinfluß auf Graniten und Gneisen kommen vor allem im Bereich von Kösseine, Hohe Matzen, Platte und Nußhardt vor. Kleinflächig kommen außerdem Basaltböden in den Abteilungen Petzelweiher und Zinnbach vor. Podsolierte Braunerden auf Schiefergestein finden sich im Distrikt Grünersberg. In den Hoch- und Kammlagen treten sogenannte „Kipper“ auf. Das sind Umlagerungsdecken mit ausgeprägter Unterbodenverdichtung. Wasserüberschußböden kommen überall vor, wo Mulden Wasser stauen oder das Wasser ganzjährig oberflächennah abfließt. Daneben gibt es noch Böden auf Sonderstandorten, wie beispielsweise an Bachtälern und Rinnen.

2. 1. 4 Klima

Klimatisch wird das Untersuchungsgebiet charakterisiert als „atlantisch getöntes, rauhes, kühlfeuchtes Mittelgebirgsklima“ (WB 8.3 Fichtelgebirge), über „mäßig kühl bis rauh (in den höheren Lagen) und feucht“ (WB 8.4 Brand-Neusorger Becken) bis hin zu „kühles, mäßig trockenes (bis mäßig feuchtes), kontinental geprägtes Binnenland-Klima“ (WB 8.7 Wunsiedler-Bucht) (STO-Werk Wunsiedel, 1992).

Eine Übersicht über die Klimawerte gibt Tabelle 17 (STO-Werk Wunsiedel, 1992)

Parameter	Rahmen- und Durchschnittswerte Stationsmesswerte (in Klammern)		
	Fichtelgebirge 8.3	Brand-Neusorger Becken 8.4	Selb-Wunsiedler Bucht 8.7
Jahresmitteltemperatur (°C)	4,8 - 7,0 /5,6	6,0 - 7,0/6,5	5,5 - 6,5/5,9
Jahresmitteltemperatur der Vegetationszeit (Mai-Juli) (°C)	11,2 - 14,1/ 12,8 (13,4)	13,5 - 14,5/ 14,0 (Mai - September)	12,0 - 13,5/ 13,0 (13,6)
Vegetationszeit (Anzahl der Tage > 10°C)	108 - 130 / 125 (138)	140 - 145/ 143	120 - 130/ 128 (137)
Mittlerer jährlicher Niederschlag	850 - 1200/ 980 (1021)	850 - 950 / 910	550 - 850 710 (700)
Mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (mm)	Mai 240 - 300 Juli 250 Mai - Sept. 380	- 400 - 490	190 - 280 215 340
Trockenheitsindex	48 - 85	50 - 60	40 - 50

Tabelle 17: Klimawerte der Wuchsbezirke im Untersuchungsgebiet

„Die unterschiedlichen Klimawerte der einzelnen Wuchsbezirke wirken sich aber im Kartierungsgebiet nicht voll aus, da die Staatswaldungen jeweils im Verzahnungsbereich der Wuchsbezirke liegen.“ (STO-Werk Wunsiedel, 1992)

2. 1. 5 Natürliche und heutige Baumartenzusammensetzung

Die natürliche Waldzusammensetzung im Untersuchungsgebiet wird von verschiedenen Autoren wie folgt angegeben (STO-Werk Wunsiedel, 1992):

Autoren	Wuchsbezirk		
	Fichtelgebirge 8.3	Brand-Neusorger Becken 8.4	Selb-Wunsiedler Bucht 8.7
Foerst/Kreutzer	Bu, Fi, Ta, BAh, < 800 m i. Fi (Vobe)	Bu, Fi, Ta,	Fi, Kie, Ta
Rubner	Bu, Ta, BAh, Fi		Kie, Ta, (Fi, Bu)
Seibert	< 700 m: Fi, Ta, (Bu, Kie, Vobe, Bi, As)	Ei, Ta, (Bu, Fi, Vobe, Bi, As, Wei)	Ei, Ta, (Bu, Fi, Vobe, Bi, As, Wei)
Reif-Leonhardt	Bu, Ta, (BAh, Fi, Vobe)		

Tabelle 18: Ursprüngliche Baumarten im Untersuchungsgebiet (nach STO-Werk Wunsiedel, 1992)

Abkürzungen: Kie – Kiefer; Fi – Fichte; Ta – Tanne; Bu – Buche; BAh – Bergahorn;
Bi – Birke; As – Aspe; Wei – Weide; Vobe – Vogelbeere

Die heutige Baumartenzusammensetzung im fichtelgebirgischen Teil des Forstamtes Wunsiedel gibt Diagramm 3 wieder.

Diagramm 3

71 KB

Diagramm 3: Heutige Baumartenzusammensetzung im fichtelgebirgischen Teil des Forstamtes Wunsiedel (HÖHLER, H., 1998)

Abkürzungen: Fi - Fichte; Ki - Kiefer; Ta - Tanne; Lä - Lärche; Dougl - Douglasie;
Bu - Buche; ELh - Edellaubholz; sLh - sonstiges Laubholz

2. 2 Datenerfassung und Bearbeitung

2. 2. 1 Erfassung der historischen Daten

Unter historische Daten fallen alle Daten, die bis 1990 im Untersuchungsgebiet angefallen sind. Dazu gehören die Daten der Holzernte, der Nebennutzungen, insbesondere der Streunutzung, aber auch die Düngedaten, Karten und Waldbeschreibungen.

Informationen über die historischen Waldnutzungsformen, insbesondere über Holzernte und Streunutzung, erhält man aus alten Karten, Forsteinrichtungswerken, Streunutzungsplänen sowie Wirtschafts- und Rechnungsbüchern, die für das gewählte Untersuchungsgebiet im Staatsarchiv Bamberg, bei den Forstämtern Wunsiedel und Fichtelberg und an der Oberforstdirektion Bayreuth zu finden waren.

2. 2. 2 Erfassung der aktuellen Bodendaten

2. 2. 2. 1 Probennahme

Zur Validierung und Verifizierung des Modells wurden in der Zeit vom 27. April bis 11. Mai 1995, kurz vor der Vegetationsperiode im Fichtelgebirge, Bodenproben genommen.

Die Flächen für die Beprobung wurden anhand der bis zu diesem Zeitpunkt entstandenen Streunutzungskarte (Karte 20), aus der ersichtlich war, auf welchen Flächen viel und auf welchen wenig Streu genutzt wurde, aufgrund der geologischen Karte im Maßstab 1 : 25000 sowie der Standortskarte (1 : 10000) des Forstamtes Wunsiedel ausgesucht. Dabei sollten stark streugenutzte Flächen mit wenig streugenutzten Flächen auf vier verschiedenen Standortseinheiten (101, 102, 312, 313) und zwei verschiedenen geologischen Ausgangssubstraten (Phyllit, Granit) verglichen werden. Auf jeder dieser Flächen wurden fünf Probenpunkte festgelegt, zusätzlich eine Probe auf einem dritten geologischen Ausgangssubstrat (Gneis) (Tabelle 19, Karten 5 und 6). Die anderen Parameter wurden aufgrund der Vergleichbarkeit annähernd konstant gehalten (Baumart, Alter, Lage).

Probenpunkte	Streunutzung	Geologie	Standorteinheit	Baumart	Alter
1-5	gering	Phyllit	313	Fi/Kie	71-84
6-10	hoch	Phyllit	313	Fi/Kie	115
11-15	hoch	Phyllit	312	Fi/Kie	104-115
16-20	gering	Phyllit	312	Fi/Kie	71
21-25	hoch	Granit	102	Fi/Kie u. Kie/Fi	118-147
26-30	gering	Granit	102	Fi (Kie)	82-126
31-35	hoch	Granit	101	Fi/Kie	110-147
36-40	gering	Granit	101	Fi u. Fi(Kie)	126-150
41	gering	Gneis	102	Fi/Kie	150

Tabelle 19: Übersicht der Probenpunkte

Karte 5

85 KB

Karte 5: Lage der Probenpunkte auf Phyllit (Erläuterungen zur Legende siehe Tabelle 16)

Karte 6

70 KB

Karte 6: Lage der Probenpunkte auf Granit und Gneis (Erläuterungen zur Legende siehe Tabelle 16)

Die ausgewählten Probenpunkte wurden im Gelände mittels Karte (Maßstab 1 : 10000), Kompaß und Schrittmaß aufgesucht. Der Bestand wurde an der Stelle der Beprobung photographiert (Ausnahme Probenpunkt 27, die Probe wurde abends nach einem Gewitter

genommen, zu dunkel). An jedem Probenpunkt wurden mit einem Wurzelbohrer vier Bohrkerne entnommen (Durchmesser 8 cm). Da der Zylinder des Wurzelbohrers nur 24 cm lang war, mußte der Bohrer für einen kompletten Bohrkern mehrmals angesetzt werden. Um eine Verunreinigung der tieferen Proben mit herabrieselnder Erde aus den oberen Bodenschichten zu vermeiden, wurden vor erneutem Einschlagen des Wurzelbohrers kleine Fichtenzweige auf den Grund des Bohrloches geworfen. So konnte die herabgerieselte Erde nach Entnahme der Probe von der unteren Bodenschichten unterschieden werden.

Die Proben wurden aus dem Zylinder des Wurzelbohrers herausgedreht und in flachen Schalen aufgefangen. Je ein oder zwei Bohrkerne jedes Probenpunktes wurden photographiert (Ausnahme Probenpunkt 27, zu dunkel). Der Auflagehumus (durchweg Rohhumus) der Proben wurde in Ol-, Of- und Oh-Lage untergliedert. Die Stärke der einzelnen Lagen wurde gemessen und die Werte in Aufnahmeformulare eingetragen. Der Mineralboden wurde in den Tiefen 0 - 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 30 cm, 30 - 50 cm und 50 - 70 cm beprobt. Zu diesem Zweck wurden die Bohrkerne mit einem Zentimetermaß vermessen und mit einem Messer an den entsprechenden Stellen unterteilt.

Die Stärke der letzten Mineralbodenprobe wurde ebenfalls notiert. Jeder Humus- und jeder Mineralbodenhorizont wurde separat in Kunststofftüten (6 l Gefrierbeutel) verpackt, wobei die Proben der vier Bohrkerne als Sammelprobe zusammengefaßt wurden. Zusätzlich wurde nach jeder Probenentnahme die Tiefe des Entnahmeloches gemessen, da es durch das Einschlagen des Wurzelbohrers und beim Herausdrehen der Probe aus dem Zylinder zu Stauchungen der Proben kam. Jede Kunststofftüte war mit einer Probennummer beschriftet; zusätzlich wurde ein Zettel mit der Probennummer in die Tüte gegeben. Die zwei bzw. dreistellige Probennummer bestand aus der Nummer des Probenpunktes (1-41) und der Nummer der Entnahmetiefe (1-8). So erhielten die Humusproben die Endziffern 1 bis 3 (1 für Ol-Lage, 2 für Of-Lage und 3 für Oh-Lage), die Mineralbodenproben die Endziffern 4 bis 8 (4 : 0 - 10 cm, 5: 10 - 20 cm, 6: 20 - 30 cm, 7: 30 - 50 cm und 8: 50 - 70 cm).

Die Länge der Bohrkerne lag zwischen 13 und 67 cm. Die Tiefe der Beprobung wurde durch das Auftreten von Steinen begrenzt. Zum anderen war der Wurzelbohrer aus den z. T. sehr dichten Böden kaum noch herauszuziehen.

Nach der Probenentnahme wurden die Löcher im Boden mit Ästen und Zweigen wieder verschlossen. Von jedem Probenpunkt wurden durchschnittlich sechs bis sieben Proben und durchschnittlich 10 kg Boden entnommen, insgesamt 284 Proben und 413 kg Boden.

2. 2. 2. 2 Aufarbeitung der Proben

- Aufarbeitung der Proben am Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg bei München (GSF)

Die Bodenproben wurden zur GSF nach München gebracht. Alle Proben wurden im frischen Zustand gewogen und zur Trocknung nach Scheyern (Versuchsgut Scheyern) überführt, da dort drei Trockenschränke zur Verfügung standen. Alle Proben wurden auf Aluminiumschalen ausgebreitet und drei Tage bei 40 Grad Celsius getrocknet. Danach wurden sie gewogen und in Kunststofftüten (20 l Müllbeutel) verpackt. An der GSF fand die weitere Bearbeitung der Proben statt. Die Humusproben wurden erneut durchmischt und in Kunststoffschalen (200 ml) verpackt. Die Schalen wurden mit der ursprünglichen

Probennummer und der Bearbeitungsnummer für das Labor im Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen in Göttingen versehen. Die Mineralbodenproben wurden ebenfalls durchgemischt, größere Bodenstücke zerkleinert. Größere Proben wurden nach dem Probeteilverfahren geteilt, bis eine Probe von ca. 200 g entnommen werden konnte.

Unter dem Probeteilverfahren versteht man die Durchmischung einer Bodenprobe und anschließender Teilung, so daß die Steine, groben Bodenstücke und der Feinboden gleichmäßig verteilt werden. Die Bodenprobe wird solange erneut durchgemischt und geteilt, bis eine Probe von etwa 200 g übrigbleibt. Diese wird weiterverarbeitet.

Diese Probe wurde gewogen und anschließend durch ein 2 mm Sieb gesiebt. Der Feinbodenanteil (< 2 mm) wurde in eine Kunststoffschale gefüllt und mit Proben- und Bearbeitungsnummer versehen. Die Steine, die größer als 2 mm waren, blieben auf dem Sieb zurück. Da sie noch getrocknete Feinerde enthielten, wurden sie, ebenfalls auf einem Sieb, unter lauwarmem Wasser gewaschen. Anschließend wurden die Steine in einem Trockenschrank getrocknet und danach gewogen. Auf diese Weise wurde der Steinanteil (Gewichtsanteil) der Probe ermittelt. Die Steine wurden verworfen, die Feinbodenprobe weiter bearbeitet. 20 bis 30 Gramm der Probe wurden in einer Planetenmühle bei 6000 Umdrehungen pro Minute fünf Minuten gemahlen und danach in kleine Kunststoffflaschen (20 ml) gefüllt. Die Flaschen wurden mit der Bearbeitungsnummer versehen und in die Kunststoffschale der ungemahlten Probe gelegt. Anschließend wurden die Proben zur weiteren Analyse nach Göttingen gebracht.

-Aufarbeitung der Proben in Göttingen

Am Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen wurden die Humusproben und die Mineralbodenproben chemisch analysiert. Der Elementgehalt der Humusproben wurde durch Druckaufschluß mit HNO_3 bestimmt, C und N als Elemente in der Festphase. Die Verhältnisse der Elemente (C/N, C/P und C/S) wurden aus den Aufschlußergebnissen berechnet.

Der Elementgehalt der Mineralbodenproben wurde ebenfalls durch Druckaufschluß mit HNO_3 bestimmt, die Mengen an C und N ebenfalls als Elemente in der Festphase (T) bestimmt.

Weiterhin wurden die effektive Austauschkapazität (AKeNH_4) und der Anteil der austauschbaren Kationen Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{+++} , Mn^{++} und Al^{+++} bestimmt.

2. 3 Datenbearbeitung und Auswertung

2. 3. 1 Bearbeitung und Auswertung von Karten

2. 3. 1. 1 Historische Karten

Die älteren Karten aus dem Staatsarchiv Bamberg und dem Forstamt Wunsiedel, welche nicht ausgeliehen werden konnten, wurden vor Ort kopiert und an der GSF bearbeitet. Dort wurden die Karten mit Hilfe eines Kopierers auf den Maßstab 1 : 25000 verkleinert und auf Folie kopiert. Die Folie wurde über eine auf dem Digitalisiertablett eingehängten Karte im Maßstab

1 : 25000 gehalten, wobei bestimmte Paßpunkte zur Orientierung dienten. Bei dieser Karte handelte es sich um die Topographische Karte Bayern TK 25 (Nr. 5936, 5937, 6036, 6037, 6038). Anschließend wurden die Abteilungslinien der Karte auf der Folie mit dem Geographischen-Informations-System ARC/INFO™ digitalisiert.

Es war zu umständlich, die gesamte Karte zu digitalisieren und später zu georeferenzieren, da die meisten Karten in gefalteter Form vorlagen. Die Faltenränder waren bis zu einem Zentimeter breit, und die Karte bestand somit aus mehreren (bis zu 12) Einzelkarten, welche einzeln in ein Koordinatensystem hätten eingehängt werden müssen. Auch ein Einscannen der Karten und anschließendem Digitalisieren war zu diesem Zeitpunkt an der GSF nicht möglich. Nachdem die erste Karte digitalisiert war, wurden die anderen Karten zuerst über einem Leuchttisch mit der vorherigen Karte verglichen und lediglich die Abweichungen digitalisiert. Die neueren Karten, die ab 1934 im Maßstab 1 : 10000 vorlagen, wurden über Paßpunkte eingehängt und direkt digitalisiert. Karten um 1850, die im Maßstab 1 : 5000 im Urkatasterarchiv im Landesvermessungsamt München vorhanden waren, wurden auf eine Vorlage im Maßstab 1 : 25000 übertragen und von dieser digitalisiert.

Nach dem Digitalisieren wurde in ARC/INFO™ eine Topologie der Flächen erstellt und jede Fläche mit einer eindeutigen Kenn-Nummern versehen. Eine Kenn-Nummer bestand aus einer einstelligen Nummer für das Forstamt und je einer zweistelligen für Revier, Distrikt und Abteilung. So konnte eine Fläche für die spätere Datenzuordnung eindeutig identifiziert werden. Die Abteilungs-, Distrikt- und Reviergrenzen erhielten ebenfalls eine eindeutige Kennung.

2. 3. 1. 2 Geologische Karte und Standorts-Karte

Die Geologische Karte wurde im Maßstab 1 : 25000 von den Geologischen Karten von Bayern Nrn. 5937 Fichtelberg, 6037 Ebnath und 6038 Waldershof digitalisiert. Die Standortskarten des Forstamtes Wunsiedel wurde von der Oberforstdirektion Bayreuth zur Verfügung gestellt. Sie lagen im Maßstab 1 : 10000 vor, in dem sie auch digitalisiert wurden. Nach dem Digitalisieren wurden die Bezeichnungen der Gesteine und Standorte den Flächen zugeteilt.

2. 3. 1. 3 Düngekarten

Die Düngekarten des Forstamtes Wunsiedel existieren seit ca. 1950, als die ersten Düngungen durchgeführt wurden. Die Düngungsflächen waren in die forstlichen Karten von 1954, 1981 und 1992 eingetragen. Da die Karten nicht ausgeliehen werden konnten, wurden sie kopiert und die Kopien koloriert. Über bekannte Paßpunkte wurden die Kopien eingehängt und die Düngeflächen digitalisiert.

2. 3. 2 Bearbeitung der Streu- und Holzdaten

2. 3. 2. 1 Bearbeitung der Streudaten

Die Streudaten waren fast durchweg im Staatsarchiv in Bamberg in alten handgeschriebenen Akten über Nebennutzungen zu finden. Angaben über Aststreu dagegen fanden sich in den Akten über den Holzeinschlag. Eine Erschließung dieser Daten war sehr schwierig, da es einerseits bis Ende des 19. Jhrh., teilweise sogar noch später, üblich war, in der sogenannten

Sütterlin-Schrift zu schreiben, andererseits die Schrift manchmal kaum noch zu erkennen war. Die Streudaten lagen häufig getrennt nach Streuart und Fläche vor. Manchmal waren aber auch mehrere Streuarten, Flächen oder Jahre zusammengefaßt. Die Daten wurden im Staatsarchiv Bamberg direkt in einen Computer getippt, wobei die alten Maße (Fuder, Ster) teilweise direkt umgerechnet wurden.

In der vorliegenden Arbeit wurde aufgrund der Angaben aus den Ordnern im Staatsarchiv Bamberg (K 403, verschnürter Bestand, Stapel 16/1, lose Blätter, 1816; FA Selb, verschnürter Bestand, 1837) und des Staatsarchives in Amberg (STA Amberg Reg. Kammer der Forsten, 2405 I, Tabellen) angenommen, daß ein 2-spänniges Fuder ein Volumen von 200 Kubikfuß beinhaltet, ein 4-spänniges Fuder 300 Kubikfuß. Das entspricht Volumina von etwa 5 und 7,5 m³.

Die Werte für die entnommene Streu wurden den Abteilungen zugeordnet. Waren Angaben vorhanden, welche sich auf mehrere Abteilungen oder auf eine Schneise zwischen mehreren Abteilungen bezogen, so wurden die Werte durch die Anzahl der Abteilungen geteilt und diesen zugewiesen. Eine Aufteilung nach Flächengröße fand nicht statt. Wenn es möglich war, wurden die Daten bereits vorhandenen Tabellen zugeordnet.

Lagen Werte für mehrere Streuarten (etwa Heide- und Beerkraut) vor, so wurden die Daten durch die Anzahl der Streuarten geteilt und jeder Streuart zugerechnet.

Die Daten wurden nun den zu der Zeit gültigen Karten jahresweise zugeordnet und am Ende für die ganze Periode addiert. Anschließend wurden die Werte durch die Fläche der Abteilung geteilt, um einen Wert pro ha zu erhalten. Für jedes Jahr wurde eine Gesamtsumme der Streuentnahme gebildet und in einem Diagramm dargestellt (Diagramm 5)!

Alle Karten wurden miteinander verschnitten (Prozedur „intersect“ in ARC/INFOTM) und die Einzelwerte jeder Karte zu einem Gesamtwert addiert. Die Gesamtwerte wurden zu Klassen zusammengefaßt und in einer Karte dargestellt (Karte 20).

2. 3. 2. 2 Bearbeitung der Holzdaten

Die Holzdaten wurden direkt Tabellen zugeordnet, welche aufgrund der Karten entstanden waren. Die Daten waren teilweise nach Holzarten getrennt, meist aber nur als Nadelholz aufgeführt. Wie bei den Streumaßen wurde das Holz in anderen Einheiten gemessen als heute. Daher mußte zunächst einmal geklärt werden, wieviel Kubikmetern die alten Maße entsprachen.

Das Kubik-Maß für Holz war bis 1872 die Klafter. Die Größe einer Klafter geben die folgenden Zitate wieder:

„Die Klafter Holz ist 6 Fuß hoch 6 Fuß weit und 3 ½ Fuß tief d. h. die Scheitlänge ist 3 ½ Fuß Der Kubik=Innhalt ist sonach 126 Kubik=Fuß. Alles nach Baierischem Fußmaas.“ (StABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 18, Nr. 1, 1811)

„Von nun an soll im Königreiche Baiern auch ein gleiches Holz=Klafter=Maß, und zwar sechs Fuß breit, sechs Fuß hoch, und drei einen halben Fuß tief, bestehen. Der Kubik-Inhalt des Holz-Klafters berechnet sich demnach auf 126 Kubik=Fuß.“ (Königlich-Baierisches Regierungsblatt, 25. Oktober 1811).

„Das Raummaß für die Scheit-, Prügel-, Stock- und Müsselhölzer hat in der Regel die Form eines rechtwinklichen oder verschobenen Paralleloipedes, und führt gewöhnlich den Namen

Klafter (Stere, Stecken, Malter, Faden, Schragen, Stasrum). Die Reisighölzer werden entweder in die selben Hohlräume eingeschichtet, oder in walzenförmige Wellen gebunden“ (GAYER, 1863).

Die in den alten Unterlagen angegebenen Klaftermaße und Wellenhunderte wurden nach GAYER (1863) normalisiert und in Festmeter (fm) umgerechnet.

Nach GAYER (1863) müssen zur summarischen Darstellung der Hiebsergebnisse die verschiedenen Sortimente in ein gemeinsames Maß umgerechnet und anschließend addiert werden. Man unterscheidet Nutzhölzer, die in Kubikmaßen oder Zählmaßen gemessen werden, Brennholz, die in Raumklastern gemessen werden, sowie Wellenhunderte.

Die Nutzhölzer, die in Groß- und Kleinnutzhölzer unterteilt werden, können in Kubikschuh gemessen oder umgerechnet werden. Die Kubikschuhe werden weiter in Massenklafter zusammengefaßt, damit die Zahlen nicht so groß werden. Hierbei kommen 100 Kubikschuh auf eine Massenklafter.

Neben den Nutzhölzern gibt es noch Brennholz und Wellen, die in Raummaßen gemessen werden. Damit alle Sortimente für den Fällungsnachweis zu einer Gesamtsumme addiert werden können, müssen die Raummaße ebenfalls in Festmaße umgerechnet werden. Ein gemeinsames Maß für die Nutzhölzer, Scheit-, Prügel-, Stock- u. Wellenhölzer ist die summarische Klafter oder Normalklafter.

$$\begin{array}{lclcl}
 \text{Nutzholz} & + & \text{Brennholz} & + & \text{Wellen} & = & \text{gemeinsame Summe} \\
 (\text{Massenklafter}) & + & (\text{Raumklafter}) & + & (\text{Hunderte}) & \Rightarrow & \text{summ. Klafter oder Normalklafter} \\
 & & & & & & \text{nach Kubikfuß gemessen} \\
 & & & & & & (= \text{solide Holzmasse})
 \end{array}$$

Eine summarische Klafter kann 70 oder 80 Kubikfuß betragen. Sie sollte aber mit einem allgemeinen Maß in Einklang gebracht werden. Als allgemeines Maß bietet sich die Scheitholz Klafter an, da Scheitholz jenes Sortiment ist, welches in den Schlägen in größten Mengen anfällt. Die Scheitholz Klafter wird außerdem allgemein als Vergleichsmaß gebraucht. Man ist daher gewohnt, mit der Scheitholz Klafter zu messen. Aber auch die Scheitholz Klafter besitzt je nach Sortiment unterschiedliche Derbholzmassen wie Tabelle 20 zeigt.

Sortiment	Derbholzmasse
Müßelholz	68 - 75%
Scheitholz	60 - 70%
Prügelholz	52 - 60%
Stockholz	38 - 55%
100 Stangenwellen	24 - 35%
100 Astwellen	15 - 25%

Tabelle 20: Die Derbholzmasse verschiedener Holzsortimente (nach GAYER, 1863)

Demnach muß bei der Berechnung der Festmeter mit unterschiedlichen Massen gerechnet werden. Eine Klafter Scheitholz besitzt in etwa 90 Kubikfuß feste Holzmasse, eine Klafter Prügelholz 75 Kubikfuß. Ein Beispiel soll verdeutlichen, wie die Raummaße umgerechnet und die Sortimente addiert werden.

Beispiel: angefallene Holzmassen:

3270 Kubikfuß Nutzholz		3270 Kubikfuß
178 Raumklafter Scheitholz		
(a 126 Kubikfuß, * 72 % ==> ~90 Kubikfuß)		16020 Kubikfuß
83 Klafter Prügelholz		
(a 126 Kubikfuß, * 60 % ==> ~75 Kubikfuß)		6225 Kubikfuß
Summe		25515 Kubikfuß
		/ 90 Kubikfuß
	=	<u>283,5 summarische Klafter</u>

Gemäß diesen Angaben wurden für die Jahre 1815 bis 1861 die Klaftermaße nach folgender Formel in Festmeter umgerechnet:

	Bau- u. Nutz- holz	Scheit- u. Prügel- holz	Stöcke	Wellen- hunderte
	a	b	c	d
Klafter	1	1	1	
	*	*	*	
Fuß	100	126	126	
	*	*	*	
festе Holzmasse	100 %	72 %	50 %	
(oder gleich:)	*100	*90,72	*63,0 (Kubikschuh)	

$$1 \text{ Kubikschuh} = (0,291859 \text{ m})^3 = 0,024861 \text{ m}^3$$

(* 0,024861)

$$2,4861 * a + 2,2554 * b + 1,56625 * c + 2 * d$$

Aus den oben angeführten Angaben und Berechnungen ergeben sich nun folgende Zusammenhänge zwischen den alten Maßen und einem Festmeter:

- eine Klafter Stammholz entspricht 3,1325 Ster oder $3,1325 * 0,72 = 2,2554 \text{ fm}$.
- eine Massenklafter entspricht 2,4861 fm.
- eine Normklafter 2,2375 fm.
- eine Klafter Stockholz entspricht 3,1325 Ster oder $3,1325 * 0,5 \text{ fm} = 1,56625 \text{ fm}$.
- eine Wellenhunderte entspricht einem Ster oder 2 fm.

Nach diesen Angaben wurden die Daten von 1862 bis 1896 umgerechnet. Die Angaben für die Jahre nach 1896 lagen bereits in fm vor.

Nachdem die Daten den Karten zugeordnet waren, lagen die Streudaten getrennt nach Streuart in Raummetern und die Holzdaten für die verschiedenen Holzsortimente in Festmetern für die einzelnen Perioden vor.

2. 3. 2. 3 Berechnung der Elementgehalte von Streu und Holz

Nachdem die Streunutzung differenziert nach Streuart und die Holznutzung sortimentsweise aufgelistet vorlagen, wurden die Elementgehalte berechnet.

Zuerst mußte festgestellt werden, welches Gewicht ein Raummeter einer Streuart und ein Festmeter eines Holzsortimentes zu dem Zeitpunkt besaßen, als die Streu und das Holz gemessen und aus dem Wald entnommen wurden. Dazu war es notwendig, zunächst das Raumgewicht der verschiedenen Kompartimente (Holz, Rinde, Reisholz) eines Baumes zu bestimmen. Unter Raumgewicht versteht man die Trockenmasse in kg, die ein Kubikmeter Holz oder Rinde im saftfrischen Zustand enthält. In der Literatur (SCHMIDT-VOGT, 1986) ist als Maß für Holz und Rinde die sogenannte Raumdichte (R) ($R = \text{Masse im darrtrockenen Zustand} / \text{Volumen im saftfrischen Zustand}$) zu finden. In einem zweiten Schritt wurde aus diesen Daten und Angaben über Elementgehalte aus der Literatur der Elementgehalt eines Kubikmeters Holz und Rinde berechnet. Um die Elementgehalte der Holzsortimente zu berechnen, mußte aber geklärt werden, wie sich die verschiedenen Sortimente zusammensetzten. Vor allem die Frage, welchen Rindenanteil die verschiedenen Sortimente besaßen und ob das Holz in Rinde aus dem Wald gefahren wurde, waren hierbei von Interesse.

Die Elementgehalte der verschiedenen Streumaterialien und der Holzsortimente wurden folgendermaßen berechnet:

Streumaterialien:

Nadelstreu (Fichte, Kiefer)

Die Elementgehalte von Fichten- und Kiefernadelstreu wurden aus den Ergebnissen der Bodenproben berechnet, welche im April 1995 im Untersuchungsgebiet genommen wurden. Dabei wurden die Elementgehalte des L- und F-Horizontes als Durchschnitt aus allen Proben im Verhältnis 1 (L) : 5 (F) gewichtet (Verhältnis der Trockenprobengewichte). Es wurde angenommen, daß der L- und F-Horizont der Streu beim Streurechen entfernt wurden.

In den Jahren vor 1876 wurden ins ganz Bayern Streuproben genommen und ihre Elementgehalte analysiert (EBERMAYER, 1876). Auch im Fichtelgebirge in der Nähe des Untersuchungsgebietes wurden in Goldkronach und Bischofsgrün Proben genommen. Die Probenstellen sind in der Literatur angegeben (EBERMAYER, 1876) und lassen sich anhand der alten Karten wiederfinden (Karte 2).

Da im Vergleich zu den von EBERMAYER (1876) genommenen Proben die Humusproben aus dem Fichtelgebirge des Jahres 1995 bei einigen Elementen höhere Konzentrationen aufwiesen (Fe, Al, S), wurden diese Werte erneut nach Plausibilität gewichtet. Es wurde angenommen, daß der Boden früher aufgrund der geringeren Versauerung wesentlich weniger Fe und Al in der Bodenlösung und somit in der Biomasse bzw. Streu enthielt. Dies wurde über die Zeit, d. h. von 1815 bis 1990 berücksichtigt. Ebenfalls war bei den Proben von EBERMAYER (1876) sehr viel weniger Schwefel in der Streu, da der Schwefel nicht aus dem Ausgangsgestein stammt, sondern aus Depositionen. Da es aber bis 1876 noch keine ins Gewicht fallenden S-Emissionen gab, und die Streu nur bis etwa 1950 gewonnen wurde, wurden für Schwefel annähernd die Werte von EBERMAYER (1876) übernommen.

Beerkraut

Die Elementgehalte von Beerkraut (*Vaccinium myrtillus*) wurden nach MANDERSCHIED et al. (1995) berechnet, wobei ein Wassergehalt von 15 % angenommen wurde (da keine Angaben hierüber vorhanden waren).

Trockensubstanz (TS) = Org. Substanz + Aschegehalt, daher 100 % - 15 % Wasser

Als Gewicht für 1 m³ Beerkrautstreu wurden 90 kg angenommen (OFD Bayreuth: FA PEGNITZ, Wertsberechnung für 1 Streurechtsanteil aus dem Berechtigungsbezirk „Veldensteinerforst“ Zutreffend für die Ortschaft Neuhaus).

Stickstoff wurde aus den Angaben nach MANDERSCHIED et al. (1995) berechnet. Der mittlere Elementgehalt aller Pflanzenteile wurde mit dem Gewicht eines Kubikmeters Beerkraut (90 kg) multipliziert. Als Ergebnis erhielt man den Gewichtsanteil von Stickstoff in einem Kubikmeter Beerkraut (kg/m³).

Die Werte von Fe und Mg wurden von MANDERSCHIED et al. (1995) übernommen und nicht gewichtet wie bei der Fi- u. Ki-Streu, da die Werte von EBERMAYER (1876) höhere Fe- und Mg-Werte aufwiesen als die von MANDERSCHIED et al. (1995). Außerdem war bei EBERMAYER (1876) kein Boden oder Herkunftsort angegeben.

Die restlichen Elementgehalte wurden nach HÖHNE (1963) geschätzt.

Heidestreu

Die Elementgehalte von Heidestreu wurden aus EBERMAYER (1876, S. 109) übernommen (= Durchschnitt von WOLFF (1871), S. 140, Nr. 44 - 51). Als Raumgewicht wurden 70 kg/m³ (60,3 - 80 kg/rm) angenommen (OFD Bayreuth: FA PEGNITZ, Wertsberechnung für 1 Streurechtsanteil aus dem Berechtigungsbezirk „Veldensteinerforst“ Zutreffend für die Ortschaft Neuhaus). Die Al- u. Mn-Gehalte wurden nach WOLFF (1871, S. 140, Nr. 44) berechnet. Die restlichen Elementgehalte wurden nach HÖHNE (1963) geschätzt.

Moosstreu

Die Elementgehalte der Moosstreu stammen aus EBERMAYER (1876, S. 108 u. A 101), die Al und Mn-Gehalte aus VECCHI et al. (1993).

Laubstreu

Bei der Laubstreu wurde angenommen, daß es sich um Buchenlaubstreu handelt. Die Werte stammen aus EBERMAYER (1876, S. A98). Es wurde der Mittelwert aller Proben genommen. Der Mn-Gehalt wurde nach WOLFF (1871, S. 77, Nr. 24) berechnet. Das Raumgewicht von 72 kg stammt ebenfalls aus WOLFF (1871, S. 97). Angaben über Aluminiumgehalte konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

Aststreu

Die Elementgehalte wurden nach WOLFF (1880, S. 91/92, Nr. 6 u. 7) berechnet. Es wurde ein Gewicht von 125 kg/m³ Aststreu angenommen. (entspricht einem Trockengewicht von 110 kg/m³). Angaben über Aluminiumgehalte konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

Holz:

Fichte:

HOLZ

Es wurde ein Raumgewicht von 378 kg/m^3 angenommen (SCHMIDT-VOGT, 1986, S. 399). Der Elementgehalt wurde als Durchschnitt aus Angaben von WOLFF (1880), ELLENBERG et al. (1986) und FEGER et al. (1991) berechnet.

RINDE

Es wurde ein Raumgewicht von 385 kg/m^3 angenommen (KREUTZER, 1979, S. 299). Die Elementgehalte wurden anhand der gleichen Literatur wie beim Holz berechnet.

REISHOLZ

Nach von DROSTE zu HÜLSHOFF (1968) wurde für Reisholz ein Raumgewicht von 785 kg/m^3 berechnet. Da dieser Wert relativ hoch erschien und in der Literatur keine Angaben über die Dichte von Reisholz zu finden waren, wurde eine Dichte von 600 kg/m^3 angenommen. Die Elementgehalte wurden anhand der gleichen Literatur wie beim Holz berechnet.

STOCKHOLZ:

Nach DAUBER (1979, S. 345) wurde eine durchschnittliche Dichte für Stockholz von 450 kg/m^3 angenommen (80 % Fichte, 20 % Kiefer). Der Elementgehalt berechnete sich nach Angaben in DAUBER (1979, S. 340), wonach die Trockensubstanz von Stock- und Wurzelholz einen höheren Nährstoffgehalt als das Stammholz besitzt, und aus dem Verhältnis der Dichte von Stockholz (450 kg/m^3) und von Stammholz mit Rinde (383 kg/m^3 , 80 % Fichte, 10 % Rinde; 20 % Kiefer, 12 % Rinde).

Kiefer:

HOLZ:

Für das Holz der Kiefer wurde ein Raumgewicht von 430 kg/m^3 angenommen (TRENDELENBURG, 1934, S. 676f und Tafel/Abb. 1; PRODAN, 1965, S. 102, Übers. 59, S. 103, Übers. 60 und KREUTZER, 1979, S. 299). Die Elementgehalte wurden nach WOLFF (1880) und HEINSDORF (1990) berechnet.

RINDE:

Es wurde ein Raumgewicht von 330 kg/m^3 (KREUTZER, 1979, S. 299) angenommen. Bei einigen Sortimenten wurde von einem Rindenanteil von 12 % ausgegangen (PRODAN, S. 105). Die Elementgehalte wurden nach DAUBER et al. (1979) und HEINSDORF (1990) berechnet.

REISHOLZ:

Für Reisholz wurde ein Raumgewicht von 600 kg/m^3 angenommen. Die Raumgewichte für Reisholz wurden von der Fichte übernommen, da keine besseren Daten vorhanden waren (PRODAN, 1965, S. 101). Die Elementgehalte wurden nach WOLFF (1880) berechnet.

Wie bereits oben erwähnt, war es zur Berechnung der Elementgehalte notwendig, die Holz- und Rindenanteile der Holzsortimente zu bestimmen. Die Angaben hierzu wurden aus der Literatur übernommen (WOLFF, 1880; DAUBER et al., 1979). Dünnere Holzstücke (Zweige, Äste) besitzen relativ mehr Rindenvolumen als dickere (Stamm). Die folgenden Holzdefinitionen geben Aufschluß über die Stärke und somit den Rindenanteil der Holzsorten.

Holzdefinitionen (nach KEHR, 1964)**Bauholz**

„Bauholz und Zimmerholz sind häufig belegte Ausdrücke für alles starke Holz, das in beschlagenen oder unbeschlagenen Stämmen zum Häuserbau geliefert wird.“

Nutzholz

„Das für den Handwerker bestimmte Holz wird allgemein in den Fachlexika Gerät(e)holz, Geschirrholz, Gewerbehholz, auch Schirrh Holz und Werkholz ... genannt; sehr häufig tritt auch die Bezeichnung Nutzholz ein.“

Brennholz

(Grobes Brennholz)

„Brennholz aus stärkeren Baumstücken und starken Ästen muß gespalten werden; Hartig 1809 (s. **Scheitholz**) gibt 5-6 Zoll als Mindestgröße an und 2-6 Zoll für solches Holz, das man nicht aufzutrennen braucht (Hartig 1809 s. **Prügelholz**); was darunter mißt, wird nicht im Stoß aufgesetzt, sondern in **Wellen** verkauft...“.

Scheitholz

„Nach Möglichkeit wurde jedoch alles stärkere Brennholz gespalten, damit es besser austrocknen konnte. Das in den Fachlexika häufigste Wort dafür ist **Scheitholz**; ... “

5-6 Zoll als Mindestgröße

Prügelholz

„Schwächeres, ungespalten aufgesetztes Brennholz wird auch als Knüppelholz ... bezeichnet, ... Hartig 1809 hat das gleichbedeutende Kompositum **Prügelholz**, zur spätmhd. Bedeutung von brügel 'Knüttel'. Beide Male tritt die Bedeutung 'unspaltbares Holz' stärker hervor, so auch im Fachwort **Asth Holz** ..., das alles Holz der Äste meint, welches „in die Klafter kommt“ ... “ „... und 2-6 Zoll für solches Holz, das man nicht aufzutrennen braucht (Hartig 1809 s. **Prügelholz**); ...“

Wellen

„Brennholz ... was darunter mißt (*unter 2 Zoll*), wird nicht im Stoß aufgesetzt, sondern in **Wellen** verkauft... “

„... und auf das rollende Wälzen der Gebunde bezieht sich das sehr häufige Fachwort **Welle**. Verdeutlichend stehen Wellholz ... und Wellenholz ... sowie Reisswelle ... “

„Die *Stammwelle* ... ist ein Reisigbündel, das von den Ästen des Stammes gewonnen wird, es handelt sich ... um Brennholz, das in der Schneidelwirtschaft anfällt. ... kann die Stammwelle auch aus dünnen Stämmchen bestehen;“

Reisholz

„Reisbündel ... und Reisbund ... werden besonders in der Mitte des Jahrhunderts (18.) von den Fachlexika belegt, am verbreitetsten ist die kollektive Bezeichnung **Reisholz** in der forstlichen Besonderung ‘zusammengebundenes Astholz’ ...“

„Vereinzelt findet sich Büschel für ‘Reisigbündel’ ...“

„Auf das Binden der Zweige und Laubäste geht außer Reisbund, Reißbündel usw. auch die Komposition Bundholz ...“

WOLFF (1880, S. 91) unterscheidet Scheitholz, Prügelholz und Reisholz

und (S. 92) Scheitholz, Knüppelholz und Reisig

(„Reisig unter 1 cm Durchmesser wird unterteilt in Axen und Nadeln“)

Bei einer ca. 100-jährigen Fichte (Tharander Wald auf quarzreichem Thonschiefer, 1873) bezeichnet WOLFF die Holzsorten wie folgt:

Scheitholz:	Stammholz und Stammrinde
Prügelholz:	Gipfelstück (Holz und Rinde)
Reisholz:	Äste und Nadeln

-alles oberirdische Holz mit weniger als 7 cm Durchmesser mit Rinde
(BURSCHEL et. al., 1987)

Stockholz (BURSCHEL et. al., 1987)

Unterirdisches Holz sowie der Stock werden als Stockholz bezeichnet.

Stammholz (KEHR, 1964, S. 79)

Genauester Gegensatz zum Schlagholz des Niederwaldbetriebes ist die Bezeichnung **Stammholz** (häufig) für die Gesamtheit der in die Höhe, über das Unterholz, gewachsenen starken Bäume.

Aststreu (REBEL, 1920, S. 12)

...ist kleingehacktes Nadelholzreisig

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die verschiedenen Holzsortimente den heutigen Sortimenten Stammholz, Reisholz und Stockholz zugeteilt und dementsprechend die Elementgehalte für die einzelnen Holzsortimente und Streuarten berechnet (Tabelle 21). Angaben über Aluminiumgehalte bei Buchenlaubstreu und Aststreu waren nicht vorhanden.

	Fichte mit 20 % Kiefer Holz	Fichte mit 20 % Kiefer Stammholz m. R.	Fichte mit 20 % Kiefer Reisholz 600 kg/m ³	Fichte mit 20 % Kiefer Stockholz 450 kg/m ³	Moos verschiedene Arten	Heide (Calluna vulgaris)	Laub (Buche)	Fichten- nadelstreu mit Kiefer	Beerkraut (Vaccinium myrtillus)	sonstige Streu (Aststreu)	
	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	
N	0,208	0,361	2,2	0,636	1,015	1	0,619	2,875	1	0,906	N
P	0,018	0,062	0,34	0,132	0,179	0,038	0,085	0,146	0,32	0,139	P
S	0,014	0,049	0,265	0,058	0,057	0,021	0,027	0,05	0,64	0,052	S
K	0,131	0,193	1,1	0,409	0,544	0,137	0,153	0,218	1,84	0,348	K
Ca	0,262	0,511	1,6	0,481	0,336	0,197	1,09	0,797	1,8	0,345	Ca
Mg	0,047	0,072	0,34	0,153	0,13	0,072	0,136	0,188	0,42	0,113	Mg
Na	0,011	0,016	0,08	0,019	0,091	0,063	0,028	0,018	0,01	0,016	Na
Fe	0,009	0,019	0,14	0,022	0,11	0,037	0,067	0,3	0,025	0,045	Fe
Al	0,003	0,006	0,055	0,007	0,43	0,015	kA	0,1	0,064	kA	Al
Mn	0,097	0,146	0,052	0,172	0,01	0,04	0,159	0,07	0,29	0,197	Mn

Tabelle 21: Elementgehalte der verschiedenen Holzsortimente und Streuarten (kA = keine Angaben)

2. 3. 2. 4 Berechnung des Gesamt-Elemententzugs (für jede Abteilung)

Die Elementgehalte der Holzsortimente und Streuarten wurden für jede Zeitperiode berechnet und den entsprechenden Karten zugeordnet. Man erhielt den Elemententzug in kg/ha. In ARC/INFO™ wurden diese Daten den Karten angehängt und die Karten miteinander verschnitten („intersect“). Anschließend wurden die Einzelwerte der Zeitperioden addiert. Dadurch erhielt man den Gesamtelemententzug von 1820 bis 1990 für die Streudaten und von 1816 bis 1990 für die Holzdaten in kg/ha. Die Werte wurden in Klassen eingeteilt und für jedes Element eine Karte erstellt. Für alle Elemente wurden ihre Ionenäquivalente berechnet und addiert. Hieraus wurde eine Versauerungskarte erstellt.

2. 3. 3 Bearbeitung der Düngungsdaten

2. 3. 3. 1 Zuordnung der Düngerarten und Düngemengen zu den Flächen

Nachdem die Düngekarten digitalisiert waren, wurden die verschiedenen Dünger und Düngermengen den Flächen zugewiesen. Angaben über Düngerart und -menge waren auf den älteren Karten kaum noch zu erkennen. Angaben über die Düngermenge konnten teilweise anderen Unterlagen (Düngeordner) entnommen werden. Lagen keine Daten über die Menge vor, so wurden die Angaben von anderen Flächen übernommen.

Die Gesamtmengen an Dünger, die dem Düngeordner entnommen werden konnten, wurden durch die Düngefläche bzw. -flächen geteilt, so daß man die Düngemenge/ha erhielt.

Teilweise wurden die Düngeangaben gutachterlich zugeordnet, da keine besseren Daten vorhanden waren.

N-Düngung:

Alle N-Einzeldüngungen von 1956 bis 1960 wurden als Ruhrkorn-grün-gedüngt betrachtet mit einer Menge von 125 kg/ha. Bei den N-Flächendüngungen wurde eine Menge von 800 kg/ha Ruhrkorn-grün angenommen.

Düngung mit PNH_3 :

Die gedüngten Flächen wurden mit 6,4 ha ermittelt, die Düngermenge mit 21 Zentnern. Das ergibt 164 kg/ha. Bei einer Düngermenge von $2 * 20 \text{ g / Pflanze}$ ergibt dies eine Pflanzenzahl von 4100 Stück/ha oder $4100 * 6,4 = 26240$ Pflanzen insgesamt. Dies entspricht in etwa der Zahl von 25000 Pflanzen, die gedüngt werden sollten.

Da die Düngemengen für die anderen Jahre nicht angegeben sind, wurde mit den gleichen Mengen gerechnet wie 1953.

Thomasmehl:

Es waren keine Mengenangaben vorhanden, daher wurden 500 kg/ha angenommen.

In Tabelle 22 sind die Mengen aufgeführt, die im Untersuchungsgebiet gedüngt wurden bzw. als gedüngt angenommen wurden (letzte Spalte, fett gedruckt).

Dünger	Abkürzung für ARC/INFO	Menge/ha Angaben aus Düngeordner	Ztnr./ha	kg Ztnr. * 50 kg	ha	kg/ha Ztnr. * 50 kg /ha	kg/ha ca.	kg/ha Mengen aus Düngeordner Flächen aus A/I
Kohlensaurer Kalk (1954)	ksK	16435 Ztr. / 115,4 ha		821750	122	7100	7500	
		17605 Ztr.		880250	168			5.250
-1955		3000 Ztr., Flächen A/I ~ 95 ha	30	150000		1500	1500	
Ätz-Kalk, (Brannt-Kalk)	aeK	940 Ztr. / 6,6 ha		47000		7100		
		256 Ztr.		12800	7			1.829
Misch-Kalk	MK	255 Ztr.		12750	2,2			5.800
ks. Kalk + Hyperphos (5 : 1)	ksKHp	60 Ztr. ksK + 12 Ztr. Hp					3600	3.600
N-Flächendüngung m. N-Walze	Nf	173/125 kg/ha						
N-Flächendüngung	Nf	800 kg/ha					800	800
N-Einzeldüngung (Ruhrkorn-grün)	Ne						120	120
Phoskamon (Fl.- o. Einzeld.)	PNH3			2500				164
od. Kalkamon-Salpeter (Fl.- o. Einz.-d.)	KNH3	siehe Düngekarte						
Wichtel	W							
Humatdünger Wichtel	HW	150 gr/m ²				1500	1500	
		1958: 57 Ztr. auf 8 ha = 350 kg/ha						350
Thomasmehl	tm	keine Angaben, aber aus Dünge-RL etwas weniger genommen						500
kohlensaurer Mg-Kalk + Kieserit 5:1	ksMgKi5	25 dz ks. Mg-Kalk + 5 dz Kieserit					3000	3.000
kohlensaurer Mg-Kalk + Kieserit 4:1	ksMgKi4	20 dz ks. Mg-Kalk + 5 dz Kieserit					2500	2.500
kohlensaurer Kalk + Hyperphos (9 : 1)	ksKHp9	27 dz ks. Kalk + 3 dz Hyperphos					3000	3.000
ks. Mg-Kalk + Kalimagnesia (5:1)	ksMg5Kmg	25 dz ks. Mg-Kalk + 5 dz Kalimagnesia					3000	3.000
ks. Mg-Kalk + Kalimagnesia (2,75:1)	ksMg275Kmg	22 dz ks. Mg-Kalk + 8 dz Kalimagnesia					3000	3.000
Flugzeugdüngung [Mg]	MgFz							
CaCO ₃ + MgCO ₃	CaCOMg	70 % CaCO ₃ , 30 % MgCO ₃ (2to/ha)					2000	2.000

Tabelle 22: Düngermengen aus den Angaben im Düngerordner

2. 3. 3. 2 Berechnung der Elementgehalte der Dünger

Die Elementzusammensetzung der Dünger wurde nach Angaben in BUCHER (1957), des BAYERISCHEN STAATSMINISTERIUMS FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN und MAYER (1996) berechnet. Tabelle 23 zeigt die verschiedenen Dünger und ihre Zusammensetzung.

Dünger:**Zusammensetzung:**

1954:	<u>(siehe BUCHER, 1957: Ratschläge zur Düngung nach Bodenuntersuchungsergebnissen ...)</u>	
Kohlensaurer Kalk	90-95 % CaCO_3	
Ätz-Kalk, (Brannt-Kalk)	93 % CaO	
Misch-Kalk	50-60 % CaO + 30 % CaCO_3	
kohlensaurer Kalk + Hyperphos (5 : 1)	5 * (90-95 % CaCO_3) + (28-30 % Ges. P_2O_5 + 12 % CaCO_3)	
N-Flächendüngung (z. T. N-Walze)	100 % N (aus NH_4)	
(z. T. Ruhrkorn grün)	NH_4, NO_3 * CaCO_3 (20 % N, 33-38 % CaCO_3) (H. Mayer, 10.10.'96)	
N-Einzeldüngung (z. T. Ruhrkorn grün)	NH_4, NO_3 * CaCO_3 (20 % N, 33-38 % CaCO_3) (H. Mayer, 10.10.'96)	
Thomasmehl (Thomasphosphat)	14-18 % P_2O_5 + 45 % CaO	
Phoskamon (Flächen o. Einzeldüngung)	10 % N + 10 % P_2O_5 + 20 % K_2O	
od. Kalkamon-Salpeter (Flächen o. Einzeld.)	19-21 % N + 34 % CaCO_3	(1987: 27 % N + 18 % CaO)
Wichtel	6,25 % N + 6,25 % P_2O_5 + 12,5 % K_2O + 18,75 % Ca-N-Humat-Spengler + 6,6 % Phos-Humat-	
Spengler	+ 0,01 % Cu + 0,01 % Mn + 0,01 % B + 0,3 % Mg	
Humatdünger Wichtel	7 % N + 7 % P_2O_5 + 8,5 % K_2O	
1981:	<u>(siehe BAY. STAATSMINISTERIUM F. ERNÄHR., LANDW. U. FORSTEN: Düngerichtlinie 1987 für den bayerischen Staatswald)</u>	
25 dz ks. Mg-Kalk + 5 dz Kieserit	5 * (60-80 % CaCO_3 + 15-40 % MgCO_3) + (27 % MgO + Sulfatrest)	
20 dz ks. Mg-Kalk + 5 dz Kieserit	4 * (60-80 % CaCO_3 + 15-40 % MgCO_3) + (27 % MgO + Sulfatrest)	
27 dz ks. Kalk + 3 dz Hyperphos	9 * (95 % CaCO_3 + Silikate, Oxide) + (27-32 % P_2O_5 + 45 % CaO (davon 15 % als Carbonat) + 5 %	
SiO_2)		
20 dz Mg-Kalk + 5 dz Kieserit	s. o. 4 * (60-80 % CaCO_3 + 15-40 % MgCO_3) + (27 % MgO + Sulfatrest)	
25 dz ks. Mg-Kalk + 5 dz Kalimagnesia	5 * (60-80 % CaCO_3 + 15-40 % MgCO_3) + (30 % K_2O + 10 % MgO + Sulfatrest)	
22 dz ks. Mg-Kalk + 8 dz Kalimagnesia	2,75 * (60-80 % CaCO_3 + 15-40 % MgCO_3) + (30 % K_2O + 10 % MgO + Sulfatrest)	
Flugzeugdüngung [Mg]	Mg-Lösung, Versuch der Schering AG (H. Mayer, 10.10.'96)	
1994:	<u>(siehe BAY. STAATSMINISTERIUM F. ERNÄHR., LANDW. U. FORSTEN: Düngerichtlinie 1987 für den bayerischen Staatswald)</u>	
70 % CaCO_3 , 30 % MgCO_3 (2to/ha)	70 % CaCO_3 + 30 % MgCO_3	
25 dz ks. Mg-Kalk + 5 dz Kieserit	5 * (60-80 % CaCO_3 + 15-40 % MgCO_3) + (27 % MgO + Sulfatrest)	

Tabelle 23: Dünger und ihre Zusammensetzung

Aus den Angaben über die Düngermengen und die Zusammensetzung der verschiedenen Dünger wurden die Elementmengen pro ha berechnet. Angaben über die Mg-Düngung im Jahre 1984 waren nicht vorhanden. Nach MAYER (1996) wurde eine Mg-Lösung von der Schering AG, Berlin, mit einem Hubschrauber ausgebracht. Im Archiv der „Nachfolgegesellschaft“ der Schering AG, der Aglycon in Frankfurt, waren jedoch keine Unterlagen mehr vorhanden. Es müßten jedoch ca. 20 kg MgO/ha gewesen sein (Dr. Alexander, mündl. Mitteilung, Oktober 1996).

Einige Düngungsangaben konnten jedoch nicht mehr nachvollzogen werden.

2. 3. 4 Depositionsmodelle

2. 3. 4. 1 Allgemeines

Zur Berechnung der Gesamtdeposition im Untersuchungsgebiet zwischen 1815 und 1990 wurde zunächst die aktuelle Deposition berechnet, die sich im Untersuchungsgebiet aus feuchter, nasser und trockener Deposition zusammensetzt. Dabei sollte die Deposition möglichst kleinflächig, d. h. etwa im gleichen Maßstab wie die Streu- und Holzentnahme, erfaßt werden. Größere Depositionsmodelle mit einer Auflösung im km-Bereich konnten daher nicht genutzt werden. Regionale Depositionsmodelle im Maßstab 1 : 20000 bis 1 : 50000 existierten aber nicht. Es wurde daher ein eigenes Depositionsmodell aufgestellt. In einem zweiten Schritt wurden die Veränderungen in der Deposition bis zu Beginn der Industrialisierung im Jahre 1850 zurückgerechnet. Von 1815 bis 1850 wurden die Depositionen als gleich hoch angesehen.

2. 3. 4. 2 Aktuelle Deposition

2. 3. 4. 2. 1 Feuchte Deposition

In den höheren Lagen des Fichtelgebirges wird ca. 1/3 des Niederschlages als Nebel eingetragen (STO Werk Wunsiedel, 1992; MAYER, 1998). Bei 1000 mm Niederschlag sind das mehr als 300 mm. In diesen Höhen herrscht an 150 bis 200 Tagen im Jahr Nebel, d. h. im Durchschnitt werden pro Nebeltag 2 mm Niederschlag eingetragen - und somit auch die Elemente, die im Nebel gelöst sind.

In den Lagen unterhalb von 800 m üNN herrscht Nebel vor allem an Tagen, an denen eine stabile Inversionswetterlage vorliegt. Hier sind kaum Winde vorhanden, es wird weniger Nebel durch die Äste der Bäume transportiert und somit auch weniger Niederschlag eingetragen. Für diese Lagen wurde nur die Hälfte (1 mm Nebelniederschlag pro Nebeltag) veranschlagt.

Konzentrationsangaben über Elementgehalte im Nebel finden sich bei EIDEN et al. (1989), wobei zwischen „mountain-fog“, oberhalb von 800 m üNN, und „valley-fog“, unterhalb 800 m üNN, unterschieden wird. Die Konzentrationen im Nebelwasser wurden in kg/ha/mm Nebelniederschlag umgerechnet. Tabelle 24 zeigt die Werte.

Element	Ochsenkopf Mountain-fog > 800 m üNN kg/mm/ha	Fichtelgebirge Valley-fog < 800 m üNN kg/mm/ha
H ⁺	0,0049	0,0102
K ⁺	0,0149	0,0293
Na ⁺	0,0221	0,0368
Ca ⁺⁺	0,0180	0,0180
Mg ⁺⁺	0,0029	0,0038
NH ₄ ⁺	0,1548	0,2880
NH ₄ -N	0,1204	0,2240
Cl ⁻	0,0355	0,1099
NO ₃ ⁻	0,3968	0,4526
NO ₃ -N	0,0896	0,1022
SO ₄ ⁻	0,4036	0,7685
SO ₄ -S	0,1345	0,2562

Tabelle 24: Elementeintrag pro mm Nebelniederschlag (nach EIDEN et al. 1989)

Für die Lagen oberhalb 800 m üNN wurden diese Werte mit dem Faktor 60, für die Lagen unterhalb 800 m üNN mit dem Faktor 30 multipliziert, um den Elementeintrag durch Nebelniederschlag an 30 Nebeltagen zu erhalten (2 mm bzw. 1 mm Nebelniederschlag pro Tag, s. o.). Es wurde angenommen, daß bei stabilen Inversionswetterlagen unterhalb von 800 m üNN mit wenig Windbewegung und somit mit weniger Nebelniederschlag zu rechnen ist. Hieraus ergibt sich der um den Faktor 0,5 geringere Nebelniederschlag für die Bereiche unterhalb von 800 m üNN.

Die Niederschlagswerte wurden an eine Nebelkarte aus dem Fichtelgebirge angehängt, welche die Nebelhäufigkeit pro Jahr in 30 Tagesschritten darstellt (nach LENZ, 1991, modifiziert). Als Ergebnis erhielt man für jedes Element eine Karte mit den Depositionsmengen in kg/ha/Jahr.

2. 3. 4. 2. 2 Nasse Deposition

Die nasse Deposition (Regen, Schnee, Graupel) wird durch Gravitation eingetragen. Sie entspricht dem Freilandniederschlag. Die Werte für das Untersuchungsgebiet wurden nach Angaben aus HANTSCHERL (1987) und dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1995) berechnet. Auch hier wurden Konzentrationen in absolute Werte umgerechnet.

Element	Freiland-NS kg/ha/mm
H ⁺	0,00058
K ⁺	0,00529
Na ⁺	0,00724
Ca ⁺⁺	0,00833
Mg ⁺⁺	0,00174
NH ₄ ⁺	0,01269
NH ₄ -N	0,00987
Cl ⁻	0,0098
NO ₃ ⁻	0,04381
NO ₃ -N	0,00982
N	0,01969
SO ₄	0,06631
SO ₄ -S	0,0221
Versauerung	
kmol/ha/mm	0,00048
Fe	0,00058
P	0,00194
Si	
Al	0,00086
Mn	0,00011

Tabelle 25: Elementeintrag pro mm Regenniederschlag (nach HANTSCHHEL (1987) und dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1995))

2. 3. 4. 2. 3 Trockene Deposition

Die trockene Deposition wurde nach Angaben aus HANTSCHHEL (1987, S. 119 ff (ID_{gasförmig} + ID_{partikulär})) und EIDEN et al. (1989) berechnet. Sie wurde über das gesamte Untersuchungsgebiet als gleich hoch angenommen. Tabelle 26 gibt die Höhe des Elementeintrages wieder.

Element	Interzeptions- Deposition
	kg/ha/a
H ⁺	1,5
K ⁺	1,27
Ca ⁺⁺	1,32
Mg ⁺⁺	0,33
SO ₄ -S	26,5
Versauerung	
kmol/ha/a/	1,315

Tabelle 26: Elementeintrag durch trockene Deposition

Die drei Depositionskarten (Nebel, Niederschlag und trockene Deposition) wurden anschließend miteinander verschnitten. Die Deposition durch Nebel und die trockene Deposition sind rezeptorabhängig. Da sich die Angaben von HANTSCHHEL (1987) und EIDEN et al. (1989) auf einen Altbestand beziehen, es im Laufe der Zeit aber auch Kahlschläge und heranwachsende Bestände gegeben hat, und somit die rezeptorabhängige Deposition im Durchschnitt geringer war als bei einem Altbestand, wurden die Depositionsmengen durch Nebel und durch die trockene Deposition mit dem Faktor 0,7 korrigiert. Dieser Faktor wurde aus Höhenwachstumskurven und Kronenlängen geschätzt. Die Depositionen wurden somit für einen Durchschnittsbestand ermittelt. Als Differenz zwischen den Ionenäquivalenten der eingetragenen Säuren (H^+ und NH_4^+) und den alkalisch wirkenden Kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ und Na^+) wurde die Versauerung durch die aktuelle Deposition berechnet und in einer Karte dargestellt.

2. 3. 4. 3 Historische Deposition

Eine erste Veränderung der Emissionen kann man etwa auf das Jahr 1850 datieren, als die Industrialisierung in Deutschland begann. Abhängig von diesen Emissionen veränderte sich auch die Deposition, allerdings nicht notwendigerweise proportional zu den Emissionen.

Diagramm 4 zeigt die Entwicklung der Emissionen auf dem Gebiet der alten Bundesländern von 1815 bis 1990. Die Daten für SO_2 und NO_2 stammen aus ULRICH (1989), die restlichen Daten aus UBA (1989) und HÄBERLE (1984). Sie wurden für die fehlenden Jahre interpoliert. Die kumulative Säureemission berechnet sich aus der Summe von HNO_3 , H_2SO_4 und NH_4^+ . Die Staubemissionskurve vor 1954 wurde proportional zur Kurve der Schwefelemission angepaßt - unter der Annahme, daß die Staubemission, ähnlich wie die Schwefelemission, von der Industrie abhängig ist. Beim Ammonium wurde davon ausgegangen, daß es hauptsächlich aus der Viehhaltung stammt (FÜHRER et al., 1988). Weiterhin wurde angenommen, daß früher etwas weniger Vieh vorhanden war als heute. Die NH_3 -Emissionen sind von 1870 bis 1980 um den Faktor 2 gestiegen (FBWL, 1989).

An diese Gegebenheiten wurde das Depositionsmodell zur Berechnung der seit 1815 deponierten Elemente angepaßt.

Diagramm 4

88 KB

Diagramm 4: Entwicklung der Emissionen auf dem Gebiet der alten Bundesländern von 1815 bis 1990 (nach ULRICH, 1989; UBA, 1989; HÄBERLE, 1984)

Aus den Emissionen ergeben sich - wie erwähnt, mit Einschränkungen - die Depositionen. Für den deponierten Schwefel wurde angenommen, daß er zu 100 % aus der Industrie stammt, d. h. seine Deposition wurde proportional zur Emission gesetzt. Aus dem Verhältnis zwischen heutiger Emission und der Summe der Emissionen seit 1815 wurde ein Faktor errechnet, der mit der heutigen Deposition im Untersuchungsgebiet multipliziert wurde. So erhielt man die Summe an deponiertem Schwefel im Untersuchungsgebiet von 1815 bis 1990. Jedoch nicht alle in das Untersuchungsgebiet eingetragenen Elemente stammen vorwiegend aus der Industrie. Viele Elemente werden etwa über den Bodestaub eingetragen oder stammen aus dem Meerwasser und werden als Regenniederschlag deponiert. Nur ein Teil ihrer deponierten Menge stammt aus der Industrie.

Für den Staubeintrag im Untersuchungsgebiet wurden zwei verschiedene Szenarien durchgerechnet. Einmal wurde angenommen, daß 25 % des heutigen deponierten Staubes aus der Industrie stammen und die restlichen 75 % natürlichen Ursprungs sind. Beim zweiten Szenario wurde angenommen, daß 10 % des deponierten Staubes aus der Industrie stammen und die restlichen 90 % natürlichen Ursprungs sind. Weiterhin wurde angenommen, daß die Wald/Feld-Verteilung seit 1815 unverändert geblieben ist. Es wurde außerdem angenommen, daß der Bodestaub früher weniger basische Elemente enthielt als heute, da die meisten landwirtschaftlichen Flächen heutzutage gedüngt sind (Faktor 0,7). Für die Elemente K, Ca, Mg, Fe, und Al wurde angenommen, daß sie hauptsächlich durch Staub eingetragen werden. Für Na wurde angenommen, daß es ausschließlich aus dem natürlichen Niederschlag stammt. Daraus ergeben sich folgende Faktoren für die Szenarien:

	Faktor												
	Staub	H	S	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Na	NH ₄	NO ₂	P
25 % Industrie	290	100	150	290	290	290	290	290		175	90	50	
10 % Industrie	190	100	150	190	190	190	190	190		175	90	50	
0 % Industrie	175	100	150	120	120	120	120	120		175	90	50	

Tabelle 27: Faktoren für die verschiedenen Elemente bei unterschiedlicher Depositionsquelle

Die aktuellen Depositionswerte eines jeden Elementes wurden mit den obigen Faktoren multipliziert und man erhielt Karten mit den kumulativen Elementeträgen in das Untersuchungsgebiet seit 1815. Hieraus wurden für jedes Element Depositionskarten erstellt. Wie bei der aktuellen Deposition wurde die Versauerung durch die historische Deposition als Differenz zwischen den Ionenäquivalenten der eingetragenen Säuren (H⁺ und NH₄⁺) und den alkalisch wirkenden Kationen (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ und Na⁺) berechnet und für jedes Szenario in einer Karte dargestellt.

2.3.5 Bearbeitung der Verwitterungsdaten

Die Zusammensetzung des geologischen Ausgangsmaterials wurde aus der Literatur übernommen (LENZ, 1991; STETTNER, 1958). Hierbei wurde nicht jede Spezifikation (Kösseiner-Granit, Fichtelgebirgs-Kerngranit oder Zinn-Granit) und ihre unterschiedliche Elementzusammensetzung berücksichtigt, sondern die verschiedenen Spezifikationen zu Klassen zusammengefaßt (Granit, Gneis etc.). Insgesamt kommen vier verschiedene Ausgangsmaterialien im Untersuchungsgebiet vor.

Die Verwitterungsraten des Ausgangsmaterials wurden ebenfalls aus der Literatur übernommen (LENZ, 1991). Die angegebenen Verwitterungsraten beziehen sich auf Na, K, Ca und Mg, denn nur für diese Elemente werden bei der Verwitterung Ionen verbraucht. Für das Untersuchungsgebiet wurden aufgrund der Klimaverhältnisse niedrigere Verwitterungsraten angenommen.

Ausgangsmaterial	Verwitterungsraten Literatur(kmol iÄ/ha/a/m)	angenommene Verwitterungs- raten (kmol iÄ/ha/a/m)
Granit	0,7 ±0,4	0,5
Phyllit	0,75 ±0,25	0,5
Gneis	0,75 ±0,25	0,5
Kalksilikatfels	1,25 ±0,25	1,0

Tabelle 28: Ausgangsmaterialien und Verwitterungsraten im Untersuchungsgebiet

Aus diesen Angaben lassen sich die Verwitterungsmengen für die Elemente in verschiedenen Bodentiefen berechnen (Tabelle 29).

1 m	kmol Verwitterung/ha/a/1 m Bodentiefe			
	Na	K	Ca	Mg
Granit	0,15	0,18	0,06	0,02
Gneis	0,2323	0,1372	0,0432	0,022
Phyllit	0,05	0,33	0,0	0,06
Kalksilikatfels	0,00004	0,0738	0,4006	0,063
0,5 m	kmol Verwitterung/ha/a/0,5 m Bodentiefe			
	Na	K	Ca	Mg
Granit	0,0741	0,0878	0,0319	0,0121
Gneis	0,1161	0,0686	0,0216	0,0110
Phyllit	0,0249	0,1673	0,0000	0,0289
Kalksilikatfels	0,0000	0,0369	0,2003	0,0313

Tabelle 29: Verwitterungsmengen für die Elemente Na, K, Ca und Mg für verschiedene Bodentiefen

Durch Multiplikation der erhaltenen Werte mit 175 erhält man die Verwitterungsmengen für den Untersuchungszeitraum von 1815 bis 1990. Eine Differenzierung der Verwitterung mit der Höhe üNN fand dabei nicht statt.

2. 3. 6 Bearbeitung der Auswaschungsdaten

Die aktuellen Auswaschungsraten wurden aus der Literatur übernommen (HANTSCHHEL, 1987; Tabelle 9, S. 23). Die historischen Auswaschungsraten wurden modifiziert. Es wurde angenommen, daß früher geringere Mengen an Aluminium, Eisen und Schwefel im Boden frei vorlagen und ausgewaschen werden konnten. Auch die Auswaschungsraten von Kalium, Calcium und Magnesium sowie die Auswaschungsrate von Protonen waren früher geringer als heute (geschätzter Faktor: 0,7). Die erhöhte Auswaschung nach Düngung wurde nicht berücksichtigt. Es fand lediglich eine Differenzierung der Auswaschung über die Höhe der Niederschlagsmenge statt. Die aus der Literatur übernommenen Auswaschungsraten bezogen sich auf eine Niederschlagshöhe von ca. 1050 mm. Die Daten wurden an die Niederschlagsmenge angepasst.

2. 3. 7 Verschneidung aller Eintragungs- und Austragungsdaten

Ursprünglich war geplant, alle erhaltenen Karten miteinander zu verschneiden und eine Stoffbilanz zu berechnen. Dies war jedoch aus verschiedenen Gründen, die im Diskussionsteil näher erläutert werden, nicht möglich. Eine Verschneidung aller Karten und die Berechnung einer Stoffbilanz fand daher nicht statt.

2. 3. 8 Statistische Auswertung der Bodendaten

Zur Feststellung eines möglichen Zusammenhanges zwischen historischer Waldnutzung und dem heutigen Bodenzustand wurden die Daten aus den Bodenproben einem statistischen Test unterzogen. Es wurde die Prozedur „ANOVA“ des Statistikpaketes SAS (Statistik Analysis System) verwendet, um Unterschiede in der Bodenausstattung bei den Böden mit unterschiedlicher Biomasseentnahme festzustellen. Dazu wurden die Humusstärke (Summe L-, F- und H-Horizont) und das C/N-, C/P- und C/S-Verhältnis der drei Humushorizonte ausgewertet.

2. 3. 9 Sonstige Berechnungen

Neben den unter den Punkten 2. 3. 1 bis 2. 3. 8 aufgeführten Berechnungen wurden aus den historischen Daten Veränderungen in den Abteilungsgrößen, Alterklassenverteilungen und Baumartenzusammensetzungen ausgewertet und graphisch dargestellt.

3 Ergebnisse

3. 1 Historische Angaben

3. 1. 1 Historische Karten, Entstehung und Entwicklung der Distrikte und Abteilungen

Karten für das Revier Tröstau, die in diese Untersuchung eingebracht werden konnten, existieren ab 1798 (FA Wunsiedel, Karte 1798), als die ersten Vermessungen und Kartierungen in den Revieren des Fichtelgebirges stattfanden. Für das Fichtelgebirge lagen aus dieser Zeit um 1800 für fast alle Reviere entsprechende Karten vor (STABA, A 240/IV, Nrn. 2074, 2469, 2470, 2475, 2514; FA Wunsiedel, Karte 1798). Neben der Darstellung der Grenzen, Wald- und Wiesenflächen enthalten sie auch sogenannte Holzbestandstabellen. In diesen sind die Größe der Distrikte in Tagwerk und Ruten sowie die Fläche der verschiedenen Altersklassen aufgelistet. Karten vor 1798 existieren nur in einem kleineren Maßstab und geben keine oder nur geringe Informationen für diese Arbeit her. Zu jener Zeit waren die Grenzen der Reviere oder Distrikte noch ziemlich ungenau, sie waren nicht linienförmig, sondern ein mehr oder weniger breites Band. Daher sind auch Informationen über die Streu- und Holznutzung aus dieser Zeit (falls vorhanden) sehr schwer bestimmten Flächen zuzuordnen.

Für die Zeit um 1850 existieren Flurkarten mit den Waldeinteilungen (Abteilungen) im Maßstab 1 : 5000 im Landesvermessungsamt München.

Gut erhaltene Karten aus dem 19. Jahrhundert und Anfang des 20. Jahrhunderts waren vor allem in den Akten über die Holznutzung zu finden, bei den Daten zur Streuentnahme waren die Karten unvollständig oder gar nicht vorhanden.

Waldbeschreibungen über die Wälder des Fichtelgebirges existieren schon seit dem 14. Jahrhundert. In einer späteren Waldbeschreibung aus dem Jahre 1753 (STABA, K 233, Nr. 6053) finden sich u. a. folgende Bezeichnungen für die Waldflächen:

- Der EheWald
- Die Mazen und Ringberg
- In Grün- und Schwarzen Schacht
- Das Schnacken Loes
- Die Platten und SilberRangen
- Bey der hohlen Tannen
- Lochberg
- Im Zien Gräben
- Bey den krummen Ahorn
- In den Rangen ober Vordorff
- Der Schneeberg
- Der Schauberg
- Der Zeitelmoos

Die Waldbeschreibung ist handgeschrieben und nicht immer sind alle Buchstaben zu entziffern. Eine Karte, die einer Digitalisierung zugänglich gewesen wäre, steht aus dieser Zeit nicht zur Verfügung.

Die ersten Karten des Untersuchungsgebietes, die für eine Digitalisierung in Frage kamen, stammen aus den Jahren **1798** (FA Wunsiedel, Karte 1798) und 1804 (STABA, T 2744). Für den östlichen Teil des Untersuchungsgebietes, den späteren Distrikt Grünersberg, wurde keine Karte digitalisiert. In den Abbildungen 4 und 5 - sie zeigen die Forstei Tröstau im Jahre 1798 - ist der nördliche Teil des Untersuchungsgebietes, die späteren Distrikte „Brand und Seilerschlag“ sowie „Platten und Lochberg“, nicht dargestellt, da diese Distrikte zum Revier Vordorf gehörten. Zwar ist die entsprechende Karte im Staatsarchiv Bamberg vorhanden (STABA, A230 IV, Nr. 2475), wurde aber aufgrund ihrer Größe (ca. 120 * 180 cm) nicht digitalisiert. Abbildung 6 zeigt die zu den Karten gehörige Holzbestandstabelle.

Abbildung 4

168 KB

Abbildung 4: REDUC: KARTE DER KÖNIGLICHEN FORSTEI TRÖSTAU (westl. Teil 1798) (FA Wunsiedel, Karte 1798)

Abbildung 5

104 KB

Abbildung 5: REDUC: KARTE DER KÖNIGLICHEN FORSTEI TRÖSTAU (östl. Teil 1798) (FA Wunsiedel, Karte 1798)

In der Karte aus dem FA Wunsiedel sind die Bestände nach Haubar, Mittelholz, Gestäng, Anflug, Schonung, Ödung und Lohen farbig dargestellt (soweit die Farben noch zu erkennen waren). Es sind nur Fichten, Tannen und Föhren erwähnt. Die Distrikte sind in weitere Flächen unterteilt und numeriert, jedoch ist keine Legende für diese Nummern vorhanden. Die Originalkarte liegt etwa im Maßstab 1 : 25000 vor. Die zwei Distrikte I u. II liegen auf der Originalkarte nicht im richtigen Verhältnis zueinander. In Wirklichkeit liegt der östliche Teil weiter südlich.

Abbildung 6

182 KB

Abbildung 6: Holzbestandstabelle des Reviers Tröstau im Jahre 1798 (FA Wunsiedel, Karte 1798)

Karte 7 zeigt die digitalisierten Karten aus Abbildung 4 und 5 lagerichtig. In Tabelle 30 sind die Angaben aus der Holzbestandstabelle (Abbildung 6) noch einmal aufgeführt. Sie zeigt außerdem die zur Karte 7 gehörigen Distriktsbezeichnungen und Flächengrößen.

Karte 7

38 KB

Karte 7: Tröstau 1798

Revier	Distrikt-Nr.	Namen der Forstorte	Halten in Tagw a 360 R.	
			Tagwerk	Ruthen
Troestau I	A	Der Ewald	119,5	20
Troestau I	B	Die Matzen	417	33
Troestau I	C	Goergles Stein u: Ringberg	464,5	10
Troestau I	D	Kalchstein Steinknock und Todenkopf	524,75	0
Troestau I	E	Pezelschacht Silberrangen Silberloh	672,375	39
Troestau II	A	Die beyden Kössein	590	0
Troestau II	B	Hart und Schauenberg	222,5	5
Troestau II	C	Grosser Haberstein u: Pfeifersberg	350,375	15
Troestau II	D	Zimmermans Schacht, Kleerangen	185,25	40
Troestau II	E	Rossenbergl	298,75	30
Troestau III	A	Richters Hölzlein	nicht dargestellt	
Troestau III	B	Richters Hölzlein	nicht dargestellt	
Vordorf	E	Brand u. Seilerschlag	374,5	
Vordorf	F	Lochberg, Hohe Tanne, und Platte	392 3/8	40

Tabelle 30: Distriktsbezeichnungen des Reviers Tröstau und Teile Vordorfs im Jahre 1798 bzw. 1804 (FA Wunsiedel, Karte 1798; STABA, T 2475) (1 Tgw = 4600 m²; FICKERT, 1989)

Die Holzbestandstabelle der Karte aus dem Jahre 1804 (STABA, T 2475) enthält leicht veränderte Bezeichnungen gegenüber den oben angeführten. So ändert sich etwa die Schreibweise von Namen, beispielsweise zu „Ehwald“, „Görgelstein“, „Kalckstein“ und „Zimmerschacht“; der Distrikt II E heißt nun „Rosengarten und Erlberg“.

Aus dem Jahre **1827** stammen zwei neue Karten des Untersuchungsgebietes (FA Wunsiedel, Karte 1827), von denen eine ausschnittsweise in Abbildung 7 dargestellt ist. Die ehemalige

Forstei Tröstau ist mittlerweile größer geworden und heißt jetzt Farrenbach. Die beiden Karten sind fast identisch. Auf der zweiten Karte sind jedoch neue Unterabteilungen eingetragen, wahrscheinlich aus dem Jahre 1843. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde nicht die gesamte Karte digitalisiert, da die südlichen Distrikte „Buchlohe“ und „Lohholz“ im Jahre 1838 an das oberpfälzische Revier Pullenreuth abgegeben wurden. Die Flächen der Karte sind eingeteilt und koloriert in ‚schlagbar‘, ‚Mittelholz‘, ‚Stangenholz‘, ‚Buschholz‘, ‚Ödung‘, ‚Lohen‘ und ‚Inliegende Wiesen‘. Die Distrikte sind weiter unterteilt in Abteilungen (1, 2, 3...) und diese in Unterabteilungen (a, b, c...) (siehe Abbildung 7). Die Originalkarte liegt etwa im Maßstab 1 : 20000 vor.

Abbildung 7

130 KB

Abbildung 7: „Übersichts _ Karte von der Königl: Forstrevier Farrenbach Königl: Forstamts Wunsiedel vermessen und gezeichnet in den Jahren 1827 und 1828, und copiert durch L. P. Seyler.“ (Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1827)

Die zu dieser Karte gehörige Holzbestandstabelle ist in Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 8

109 KB

Abbildung 8: Holzbestandstabelle des Reviers Farrenbach aus dem Jahre 1835

Die digitalisierte Karte ist in Karte 8 dargestellt.

Karte 8

47 KB

Karte 8: Forstrevier Farrenbach 1827/28

Die Holzbestandstabelle zu der Karte von 1827/28 ist auf das Jahr 1835 datiert (Abbildung 8) und gibt die folgenden Distriktsbezeichnungen und Flächengrößen an:

	Benennung des Forstdistrikts	Wertung, sämmtl: Flächen- beträge	
		Tagw: dez.	
I	Matzen u. Ehwald	808,52	
II	Ringsberg und Görglstein	493,99	
III	Kalcklohe und Steinknock	633,51	
IV	Silberrangen u. Silberloh	697,53	
V	Platten und Lochberg	619,24	
VI	Brand und Seilerschlag	493,17	
VII	Kössein	805,69	hiervon 50 Tgw an das Königl: Oberpfälzische Revier Pullenreuth abgetreten
VIII	Schauerberg u. Pfeiffersberg	791,19	
IX	Erlberg	802,57	
X	Grünersberg	301,76	
XI	Buchlohe	898,10	die Anno 1838 mit dem oberpfälzischen Revier Pullenreuth vereinigt wurden
XII	Lohholz	32,94	
	Summa der Revier Farrenbach	7378,21	

Tabelle 31: Distriktsbezeichnungen des Reviers Farrenbach im Jahre 1835 (FA Wunsiedel, Karte 1827) (Zu den 7378,21 Tgw. kommen noch 380,86 Tgw. fremdes Eigentum hinzu. 1 Tgw. = 3407,3 m²)

Auf Abbildung 7 sind die Distrikte weiter unterteilt, Namen sind für diese Flächen aber nicht angegeben. Einige dieser Namen werden in den Nebennutzungsnachweisungen genannt (z. B. Seilerschlag bei der Zufahrt (1824) oder I. Troestauer Wald, 4. Abt. Silberrangen Pezelschacht (K 403 II, Nr. 93)).

Auf den Karten des Urkatasterarchivs von 1840 im Maßstab 1 : 5000 werden die Flächen (hier Abteilungen) wiederum anders bezeichnet (hier nicht aufgeführt). Dies schien aber nur eine vorübergehende Bezeichnung zu sein, da beispielsweise auf einer zweiten Karte von 1827 (FA Wunsiedel, Karte 1827) andere Abteilungsamen eingetragen sind, die auf das Jahr 1843 datiert sind. Die Bezeichnung A Matzen 7 Hirschleithen ist auf der Karte nicht vermerkt und wurde aus einer anderen Quelle (Urkatasterarchiv, Katasterkarten 1840 - 1852) übernommen.

A	Matzen		1	Silberhaus		2	Kantorschlag
1	Mühlschlag		2	Suttenloh		3	Pfefferloh
2	Groppenhardt		3	Petzelschacht		4	Hintere Kössein
3	bei den Illingswiese		4	Obere Silberloh	H		Schauerberg
4	Matzenrangen		5	Schwarzerschacht		1	Haardt
5	in den Fahrenbacher Grenze	E		Platten		2	Pfeifersbergschacht
6	Matzenkopf		1	Neubrunnensteig		3	Trommelloh
7	Hirschleithen		2	Platten		4	Schauerberg
B	Ringberg		3	Plattenkopf		5	Schauerbergknock
1	Steinloh		4	Lochbergschacht		6	Haberstein
2	beim Praußers Wieslein		5	bei der Puruckerswiese	I		Erlberg
3	Matzenebene	F		Brand		1	Hausadelrangen
4	Engelsburg		1	Vordere Brand		2	Püttnersfels
C	Kalckloh		2	Hintere Brand		3	Zimmerplatz
1	Todtenkopf		3	Seilerschlag		4	Kleerangen
2	Kalkloh dick		4	Zufahrt	K		Grünersberg
3	Steinknock	G		Kössein		1	beim Schmierofen
D	Silberrangen		1	Kösseinkopf		2	Wenderner Huth

Tabelle 32: Bezeichnungen der Distrikte und Abteilungen ca. 1843

Die meisten Bezeichnungen änderten sich mit der Zeit schnell wieder. Etwa ab dem Jahre **1846** (FA Wunsiedel, Karte 1846), als für alle Reviere des Fichtelgebirges - mit Ausnahme der Reviere Fichtelberg I und II - neue Karten erstellt wurden, ist eine Unterteilung in Distrikte, Abteilungen und Unterabteilungen abgeschlossen (Abbildung 9 und Karten 9 und 10). Fichtelberg gehört zu dieser Zeit zum Kreis Oberpfalz und Regensburg und kam erst am 1. 2. 1860 zum FA Wunsiedel (FA Kemnath, 1994). Für die beiden Reviere fanden sich Abteilungsbezeichnungen in den Karten des Urkatasterarchivs in München aus den Jahren 1840 und 1852 sowie in zwei Karten, die am FA Goldkronach vorhanden waren (FA Goldkronach, Karten 1852). Die Karte des Reviers Tröstau von 1846 liegt farbig vor, jedoch sind die Farben stark verblaßt. Farbig dargestellt sind Holzarten (Fichten, Tannen und Fichten, Föhren, Föhren und Fichten) und Altersklassen (I, II, III, IV). Die Abteilungen sind, wie bereits erwähnt, in Unterabteilungen unterteilt (a, b, c...). Es findet sich eine erste Höhendarstellung durch ein hangabwärts gerichtete Strichelung! Der Maßstab beträgt 1 : 20000.

Abbildung 9

173 KB

Abbildung 9: „FORSTREVIER TROESTAU. 1846.“ (südöstlicher Teil) (FA Wunsiedel, Karte 1846)

Karte 9

54 KB

Karte 9: Forstrevier Tröstau 1846

Im Jahre 1846 beträgt die Gesamtfläche des Reviers Tröstau 6395,92 Tagwerk (= 2179 ha), die Distrikte und Abteilungen haben folgende Namen und Nummern:

XI	Leupoldsdorfer Wald		4	Birkerangen		8	Moralsbrunnen
1	Vorderer Brand		5	Matzenrangen		9	Untere Pfefferloh
2	Hinterer Brand		6	Groppenhardt		10	Obere Pfefferloh
3	Seilerschlag		7	Ehwald		11	Kantorschlag
4	Zufurt		8	Fahrenbacher Grenze		12	Ottenwiesen
5	Petzelschacht		9	Matzenkopf		13	Obere Hardt
6	Petzelschacht		10	Vorderer Ringberg		14	Untere Hardt
7	Silberrangen		11	Ringlohe		15	Schreinerswiese
8	Silberhaus		12	Hinterer Ringberg	XV		Wendernerwald
9	Platte		13	Engelsburg		1	Zimmerplatz
10	Puruckerswiese		14	Östl. Todtenkopf		2	Kleerangen
11	Östl. Lochberg		15	Kalklohe		3	Pfalzbrunnen
12	Westl. Lochberg		16	Schwarzeschacht		4	Hirthschlag
13	Kleiner Lochberg		17	Silberlohe		5	Püttnerfels
XII	Silberrangen	XIV		Schönbrunnerwald		6	Mühlstein
1	Grassteig		1	Vorholz	XVI		Grünersberg
2	Westl. Todtenkopf		2	Schauerberg		1	Schmierofen
3	Steinlohe		3	Haberstein		2	Wendernersteig
XIII	Tröstauer Wald		4	Pfeifersberg		3	Wendernerweg
1	Östl. Steinknock		5	Östl. Kösseine		4	Alte Straße
2	Westl. Steinknock		6	Westl. Kösseine			
3	Benkers Wiese		7	Tobiaswiese			

Tabelle 33: Bezeichnungen der Distrikte und Abteilungen ca. 1846

Karte 10

61 KB

Karte 10: Die Reviere des Fichtelgebirges im Jahre 1846 (nach Karten FA Wunsiedel, FA Goldkronach, Urkatasterarchiv München)

Die Bezeichnungen der Reviere auf den Karten widersprechen sich manchmal. So wird auf der Karte des Reviers Bischofsgrün von 1846 das südlich gelegene Revier noch als „Revier Furthammer“ bezeichnet, auf der Karte des Reviers Tröstau aus dem selben Jahr jedoch „Revier Neubau“.

Im Jahre 1860 haben sich die Namen und Numerierungen erneut geändert, wie eine Forstbeschreibung aus dem Jahre 1860 zeigt (K 403, 15/3 (1), verschnürter Bestand).

Distrikt	VI Plattenberg		10	Ringloh		16	Hirtschlag
1	Brand		11	Ringberg		17	Püttnersfels
2	Fuchsbau		12	Engelsburg		18	Mühlstein
3	Seilerschlag		13	Görgelstein		19	Sandgrube
4	Zufahrt		14	Kalklohe		20	Zimmerplatz
5	Petzelsweiher		15	Schwarzerschacht		21	Kleerangen
6	Petzelschacht		16	Silberloh		22	Pfalzbrunnen
7	Silberrangen		17	Weidenberg		23	Reutschlag
8	Silberhaus	Distrikt		XXXI Kössein		24	Schwarzelohe
9	Platte		1	Vorholz	Distrikt		XXXII Grünersberg
10	Puruckerswiese		2	Schauerberg		1	Schmierofen
11	Zinnschütze		3	Schnakenloh		2	Grenzweg
12	Zinngräben		4	Schreinerswiese		3	Lohwiese
13	Lochberg		5	Haberstein		4	Alte Straße
Distrikt	VII Hohematzen		6	Pfeifersberg		5	Langeloh
1	Steinknock		7	Zeckenwiese		6	Mühlsteig
2	Winterbahn		8	Hardt		7	Mühlrangen
3	Benkerswiese		9	Ottenwiese			
4	Birkenrangen		10	Kantorschlag			
5	Ehewald		11	Stahlwiese	Revier		Fichtelberg
6	Groppenhardt		12	Pfefferloh	Distrikt		VIII Silberrangen
7	Matzenrangen		13	Moralsbrunnen		1	Grassteig
8	Matzenkopf		14	Tobiaswiese		2	Todtenkopf
9	Matzenloh		15	Signalhöhe		3	Steinlohe

Tabelle 34: Bezeichnungen der Distrikte und Abteilungen 1860 und 1873 (STABA, verschnürter Bestand, K 403, 15/3 (1) Wirtschaftsbuch des Reviers Troestau nun Furthammer 1861/73

Die Bezeichnungen um 1860 stimmen mit den Bezeichnungen auf der nachfolgenden Karte (Karte 11 von **1873**) überein (STABA, K 350 V, Nrn. 1071 u. 1073; STABA, K 403, verschnürter Bestand, 15/3 (1)). Für die Zeit von 1862 bis 1896 wurde im Rahmen dieser Untersuchung nur eine Karte erstellt (Karte 11). Gegenüber der Karte von 1846 (Karte 9) gab es Veränderungen sowohl bei den Abteilungsgrenzen als auch bei der Numerierung der Abteilungen. Außerdem wurden einige Distrikte anderen Revieren zugeordnet. Erstmals sind die Unterabteilungen noch weiter unterteilt. Diese Unterflächen wie die Unterabteilungsgrenzen blieben aber bei der Digitalisierung unberücksichtigt. Die Originalkarten von 1873 liegen im Maßstab 1 : 20000 vor.

Abbildung 10

150 KB

Abbildung 10: Revier Tröstau im Jahre 1873 mit den geänderten Bezeichnungen für das Jahr 1897 (Ausschnitt)

Karte 11

58 KB

Karte 11: Flächenaufteilung und -numerierung des Untersuchungsgebietes im Jahre 1873
(Reviere Furthammer, Vordorf und Fichtelberg II)
(Flächenbezeichnung siehe Tabelle 34)

Die Karten für das Jahr **1897** sind praktisch identisch mit der Karte für das Jahr 1873. In die Karten von 1873 sind bereits die neuen Bezeichnungen (Nummern und Namen) des Jahres 1897 eingetragen. Die Bezeichnungen für das Revier Fichtelberg stammen aus dem „Wirtschaftsbüchlein des k. Forstamts Fichtelberg 1897 – 1908“ (STABA, K 350 V, Nr. 827b). Veränderungen der Abteilungsflächen gab es im Vergleich zu 1873 nur geringfügig (Distrikt VII, Abt. 17 → Distrikt VI, Abt. 7). Veränderungen der Unterabteilungen und Unterflächen sind nicht eingezeichnet.

1873 und 1897 hat das Untersuchungsgebiet eine Fläche von 2480 ha. Die Karte von 1897 bleibt bis 1932 gültig.

Karte 12

56 KB

Karte 12: Abteilungsgrenzen und -nummern für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1897 (STABA, K 350 V, Nrn. 1071 u. 1073; FA Wunsiedel, 15/22)

Revier	Furthammer		15	Reutschlag		14	Silberlohe	
Distrikt	II Grünersberg		16	Schwarzenlohe		15	Schwarzerschacht	
	1	Schmierofen		17	Pfefferloh		16	Kalklohe
	2	Mühlrangen		18	Stahlwiese		17	Winterbahn
	3	Mühlsteig		19	Kantorschlag	Revier	Vordorf	
	4	Lange Loh		20	Ottenwiese	Distrikt	V Plattenberg	
	5	Alte Strasse		21	Zeckenwiese		1	Brand
	6	Lohwiese		22	Hart		2	Fuchsbau
	7	Grenzweg		23	Schreinerswiese		3	Seilerschlag
Distrikt	III Kössein		24	Schnackenloh		4	Zufuhr	
	1	Vorholz	Distrikt	IV Hohematzen		5	Petzelweiher	
	2	Schauerberg		1	Steinknock		6	Petzelschacht
	3	Haberstein		2	Birkenrangen		7	Silberrangen
	4	Pfeiffersberg		3	Groppenhard		8	Silberhaus
	5	Hirtschlag		4	Ehewald		9	Platte
	6	Püttnersfels		5	Matzenrangen		10	Puruckerswiese
	7	Mühlstein		6	Matzenloh		11	Zinnschutz
	8	Sandgrube		7	Weidenberg		12	Lochberg
	9	Zimmerplatz		8	Ringlohe		13	Zinnhänge
	10	Kleerangen		9	Ringberg	Revier	Fichtelberg	
	11	Pfalzbrunnen		10	Matzenkopf	Distrikt	Silberrangen	
	12	Signalhöhe		11	Benkerswiese		1	Grassteig
	13	Tobiaswiese		12	Engelsburg		2	Lehmkopf
	14	Moralsbrunnen		13	Görgelstein		3	Obere Steinlohe

Tabelle 35: Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1897 (STABA, K 350 V, Nrn. 1071 u. 827b)

Die Karte des Untersuchungsgebietes von **1932** liegt im Maßstab 1:20000 vor (FA Wunsiedel, Bodenkarte Wunsiedel, 1932). Für den westlichen Teil des Untersuchungsgebietes liegt eine Karte im Maßstab 1:10000 vor (FA Wunsiedel, Wirtschaftskarte Wunsiedel, 1932).

Gegenüber der Karte von 1897 gab es Veränderungen bei den Abteilungsgrenzen und der Numerierung. Eine Zuordnung zu Revieren wird aus der Karte nicht deutlich, da das Untersuchungsgebiet nur zu einem Forstamt (Wunsiedel) gehört und daher nur die verschiedenen Distrikte angegeben sind.

Abbildung 11

229 KB

Abbildung 11: „Wirtschaftskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL BETIEBSVERBAND Wunsiedel Stand vom Jahre 1932“ (FA Wunsiedel, Karte 1932)

Karte 13

53 KB

Karte 13: Abteilungsgrenzen und -nummern für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1932 (FA Wunsiedel, Karte 1932)

Distrikt	I Grünersberg		14	Tobiaswiese		10	Matzenkopf	
	1	Schmierofen		15	Moralsbrunnen		11	Benkerswiese
	2	Mühlrangen		16	Reutschlag		12	Engelsburg
	3	Mühlsteig		17	Schwarzenlohe		13	Görgelstein
	4	Lange Loh		18	Pfefferloh		14	Silberloh
	5	Alte Straße		19	Stahlwiese		15	Schwarzer Schacht
	6	Lohwiese		20	Kantorschlag		16	Kalklohe
	7	Grenzweg		21	Ottenwiese		17	Winterbahn
Distrikt	III Kössein		22	Zeckenwiese	Distrikt	V Plattenberg		
	1	Vorholz		23	Hart		1	Brand
	2	Schauerberg		24	Schreinerswiese		2	Fuchsbau
	3	Haberstein		25	Schnackenloh		3	Seilerschlag
	4	Pfeiffersberg	Distrikt	IV Hohe Matzen		4	Zufuhr	
	5	Hirtschlag		1	Steinknock		5	Petzelweiher
	6	Püttnersfels		2	Birkenrangen		6	Petzelschacht
	7	Mühlstein		3	Groppenhart		7	Silberrangen
	8	Sandgrube		4	Ehewald		8	Silberhaus
	9	Zimmerplatz		5	Matzenrangen		9	Platte
	10	Kleerangen		6	Matzenloh		10	Puruckerswiese
	11	Pfalzbrunnen		7	Weidenberg		11	Zinnschütze
	12	Kleine Kösseine		8	Ringlohe		12	Lochberg
	13	Signalhöhe		9	Ringberg		13	Zinnhänge

Tabelle 36: Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1932 (FA Wunsiedel, Karte 1932)

1954 gibt es mehrere Karten beim Forstamt Wunsiedel (Gemarkungskarte, Wirtschaftskarten). Sie liegen alle im Maßstab 1 : 10000 vor. Gegenüber 1932 änderten sich einige Abteilungsgrenzen nur geringfügig.

Abbildung 12

196 KB

Abbildung 12: „Wirtschaftskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand vom 1. 10. 1954.
DISTR. III. (Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1954)

Die digitalisierte Karte zeigt Karte 14, die dazugehörigen Abteilungsamen Tabelle 37.

Karte 14

52 KB

Karte 14: Abteilungsgrenzen und -nummern für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1954
(FA Wunsiedel, Karte 1954)

I	Grünersberg		16	Moralsbrunnen		11	Benkerswiese
	1 Schmierofen		17	Reuthschlag		12	Engelsburg
	2 Mühlrangen		18	Schwarzelohe		13	Görgelstein
	3 Mühlsteig		19	Pfefferloh		14	Silberloh
	4 Lange Loh		20	Stahlwiese		15	Schwarzer Schacht
	5 Lohwiese		21	Kantorschlag		16	Kalklohe
	6 Grenzweg		22	Ottenwiese		17	Zinnbach
II	Kössein		23	Zeckenwiese		18	Winterbahn
	1 Vorholz		24	Hart	IV		Plattenberg
	2 Schauerberg		25	Schreinerswiese		1	Brand
	3 Haberstein		26	Schnackenloh		2	Fuchsbau
	4 Pfeiffersberg	III		Hohe Matzen		3	Seilerschlag
	5 Hirtschlag		1	Steinknock		4	Zufuhr
	6 Püttnerfels		2	Birkenrangen		5	Petzelweiher
	7 Mühlstein		3	Groppenhart		6	Petzelschacht
	8 Sandgrube		4	Ehewald		7	Silberrangen
	9 Zimmerplatz		5	Matzenrangen		8	Silberhaus
	10 Alte Straße		6	Matzenloh		9	Platte
	11 Kleerangen		7	Weidenberg		10	Puruckerswiese
	12 Pfalzbrunnen		8	Ringlohe		11	Zinnschütze
	13 Östl. Kösseine		9	Ringberg		12	Lochberg
	14 West. Kösseine		10	Matzenkopf		13	Zinnhänge

Tabelle 37: Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1954 (FA Wunsiedel, Karte 1954)

Aus dem Jahre **1966** stammen die nächsten Karten des Untersuchungsgebietes (FA Wunsiedel, Karte 1966: Nutzungskarten). Gegenüber der Karte von 1954 hat sich nur die Abteilungsgrenze zwischen der Abteilung Seilerschlag (IV 3) und der Abteilung Zufuhr (IV 4) geändert. Die Karten liegen farbig und schwarz-weiß vor. In diesen Karten sind zum ersten Mal Höhenlinien eingezeichnet.

Abbildung 13

168 KB

Abbildung 13: „Nutzungskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand 1. 1. 1966 DISTR. IV. u. V. (farbiger Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1966)

Abbildung 14

184 KB

Abbildung 14: „Nutzungskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand 1. 1. 1966 DISTR. IV. u. V. (schwarz-weißer Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1966)

Aus den Nutzungskarten (Abbildungen 13 und 14) wurde Karte 15 digitalisiert.

Karte 15

55 KB

Karte 15: Abteilungsgrenzen und Flächenbezeichnungen für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1966 (FA Wunsiedel, Karte 1966 und Wirtschaftsbuch 1966 -1981)

Die Flächenbezeichnungen für das Untersuchungsgebiet im Jahre 1966 (FA Wunsiedel, Karte 1966 und Wirtschaftsbuch 1966 -1981) gibt Tabelle 38 wieder.

I	Grünersberg		18	Schwarzenlohe		15	Schwarzer Schacht
1	Schmierofen		19	Pfefferloh		16	Kalklohe
2	Mühlrangen		20	Stahlwiese		17	Zinnbach
3	Mühlsteig		21	Kantorschlag		18	Winterbahn
4	Lange Loh		22	Ottenwiese	IV		Plattenberg
5	Lohwiese		23	Zeckenwiese		1	Brand
6	Grenzweg		24	Hart		2	Fuchsbau
II	Koesseine		25	Schreinerswiese		3	Seilerschlag
1	Vorholz		26	Schnackenloh		4	Zufahrt
2	Schauerberg		27	Fahrenbach		5	Petzelschlag
3	Haberstein	III		Hohe Matzen		6	Petzelschacht
4	Pfeiffersberg		1	Steinknock		7	Silberrangen
5	Hirtschlag		2	Birkenrangen		7	Silberrangen
6	Püttnersfels		3	Groppenhart		8	Silberhaus
7	Mühlstein		4	Ehewald		9	Platte
8	Sandgrube		5	Matzenrangen		10	Puruckerswiese
9	Zimmerplatz		6	Matzenloh		11	Zinnschütze
10	Alte Straße		7	Weidenberg		12	Lochberg
11	Kleerangen		8	Ringlohe		13	Zinnhänge
12	Pfalzbrunnen		9	Ringberg			
13	Östl. Kösseine		10	Matzenkopf	Revier		Fichtelberg
14	Westl. Kösseine		11	Benkerswiese	Distrikt		Fichtelberg
15	Tobiaswiese		12	Engelsburg		1	Grassteig
16	Moralsbrunnen		13	Görgelstein		2	Todtenkopf
17	Reutschlag		14	Silberlohe		3	Obere Steinlohe

Tabelle 38: Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1966 (FA Wunsiedel, Karte 1966 und Wirtschaftsbuch 1966 -1981)

Schließlich liegen aktuelle Karten aus dem Jahre **1981** und **1992** vor. Gegenüber der Karte von 1966 haben sich die Abteilungsgrenzen und Flächenbezeichnungen nur geringfügig verändert (siehe Abbildungen 14 und 15 und Karten 17 und 18). Deutlich Veränderungen gab es dagegen bei der Numerierung der Flächen und deren Zuordnung zu den Distrikten, Revieren und Forstämtern, wie die Tabellen 39 und 40 belegen.

Die Karten von 1981 und 1992 unterscheiden sich hinsichtlich der Einteilung in Unterabteilungen und Hilfsflächen. Bei den Abteilungslinien wurde lediglich die Abteilungslinie in Distrikt IV zwischen den Abteilungen 2 und 8 und 4 und 7 entlang eines Weges verlegt. Die Originalkarten liegen im Maßstab 1 : 10000 vor.

Abbildung 15

301 KB

Abbildung 15: „Forstbetriebskarte (Waldpflege- und Nutzungskarte) Forstamt WUNSIEDEL BV. Wunsiedel DISTR.IV-VI Stand: 1.1.1981“ (Ausschnitt) (FA Wunsiedel)

Bei den Karten aus den Jahren 1981 und 1992 sind die Waldflächen, welche außerhalb des Staatswaldes liegen, durch Baumsymbole (hellgrau) dargestellt. In der Karte aus dem Jahr 1966 ist nur ein schmaler Streifen, welcher direkt an den Staatswald angrenzt, durch Symbole als Wald ausgewiesen.

Karte 16

53 KB

Karte 16: Das Untersuchungsgebiet im Jahre 1981 (FA Wunsiedel, Karte 1981)

I	Grünersberg		19	Pfefferloh		V	Plattenberg
1	Schmierofen		20	Stahlwiese		1	Brand
2	Graentzerstein		21	Kantorschlag		2	Fuchsbau
II	Kösseine		22	Ottenwiese		3	Seilerschlag
1	Vorholz		23	Zeckenwiese		4	Zufahrt
2	Schauerberg		24	Hart		5	Petzelweiher
3	Haberstein		25	Schreinerswiese		6	Petzelschacht
4	Pfeiffersberg		26	Schnackenloh		7	Silberrangen
5	Hirtschlag		27	Fahrenbach		8	Silberhaus
6	Püttnersfels	IV		Hohe Matzen		9	Platte
7	Mühlstein		1	Steinknock		10	Puruckerswiese
8	Sandgrube		2	Birkenrangen		11	Zinnschütze
9	Zimmerplatz		3	Ehewald		12	Lochberg
10	AlteStrasse		4	Matzenrangen		13	Zinnhänge
11	Kleerangen		5	Matzenloh	IV		Fichtelberg
12	Pfalzbrunnen		6	Weidenberg		13	Todtenkopf
13	Östl. Kösseine		7	Matzenkopf		14	Silberlohe
14	Westl. Kösseine		8	Benkerswiese		15	Görgelstein
15	Tobiaswiese		9	Winterbahn		16	Engelsburg
16	Moralsbrunnen		10	Schwarzer Schacht		17	Ringberg
17	Reutschlag		11	Kalklohe		18	Ringlohe
18	Schwarzenlohe		12	Zinnbach		19	Steinlohe

Tabelle 39: Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1981 (FA Wunsiedel, Karte 1981)

Abbildung 16

299 KB

Abbildung 16: „Forstbetriebskarte (Waldpflege- und Nutzungskarte) Forstamt WUNSIEDEL
DISTR. IV-VI Stand: 1.1.1992“ (Ausschnitt) (FA Wunsiedel, Karte 1992)

Karte 17

53 KB

Karte 17: Das Untersuchungsgebiet im Jahre 1992 (FA Wunsiedel, Karte 1992)

I	Grünersberg	20	Stahlwiese	2	Fuchsbau
1	Schmierofen	21	Kantorschlag	3	Seilerschlag
2	Graentzerstein	22	Ottenwiese	4	Zufurt
II	Kösseine	23	Zeckenwiese	5	Petzelweiher
1	Vorholz	24	Hart	6	Petzelschacht
2	Schauerberg	25	Schreinerswiese	7	Silberrangen
3	Haberstein	26	Schnackenloh	8	Silberhaus
4	Pfeiffersberg	27	Fahrenbach	9	Platte
5	Hirtschlag	IV	Hohe Matzen	10	Puruckerswiese
6	Püttnersfels	1	Steinknock	11	Zinnschütze
7	Mühlstein	2	Birkenrangen	12	Lochberg
8	Sandgrube	3	Ehewald	13	Zinnhange
9	Zimmerplatz	4	Matzenrangen		
10	Alte Straße	5	Matzenloh	Revier	Fichtelberg
11	Kleerangen	6	Weidenberg	IV	Fichtelberg
12	Pfalzbrunnen	7	Matzenkopf	12	Grünschacht
13	Oestl. Kösseine	8	Benkerswiese	13	Todtenkopf
14	Westl. Kösseine	9	Winterbahn	14	Silberlohe
15	Tobiaswiese	10	Schwarzer Schacht	15	Görgelstein
16	Moralsbrunnen	11	Kalklohe	16	Engelsburg
17	Reutschlag	12	Zinnbach	17	Ringberg
18	Schwarzenlohe	V	Plattenberg	18	Ringlohe
19	Pfefferloh	1	Brand	19	Steinlohe

Tabelle 40: Distrikts- und Abteilungsbezeichnungen 1992

Durch die Veränderungen der Abteilungslinien haben sich auch die Flächengrößen und die Anzahl der Abteilungen zwischen 1798 und 1992 verändert. Tabelle 41 gibt einen Überblick

über die Veränderungen in der Anzahl und Größe der Distrikte bzw. Abteilungen im Untersuchungsgebiet. Die Angaben beruhen auf Berechnungen der Flächengrößen im GIS.

Karte/Jahr	Anzahl	Distrikts- bzw. Abteilungsgröße (ha)			Standard- Abweichung	Gesamtfläche (ha)
		mean	max	min		
	Distrikte					
1798	10 (13)	201,8	345,5	78,9	85,9	2018 (ca. 2480)
	Abteilungen					
1827	44	53,5	113,1	16,13	19,6	2352
1846	58	39,2	78,2	14,8	12,1	2272
1873	64	37,7	101,7	11,0	15,3	2410
1897	64	37,7	101,7	11,0	15,3	2410
1932	62	36,8	67,0	11,7	13,6	2280
1954	63	36,51	67,02	12,06	13,36	2300
1966	67	36,91	67,00	12,1	13,64	2473
1981	61	41,33	85,54	20,43	13,73	2521
1992	62	41,11	85,54	20,43	13,79	2549

Tabelle 41: Anzahl und Größe der Distrikte und Abteilungen und Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes (in Klammern mit Vordorf und Grünersberg)

In Karte 18 sind zum Vergleich der Flächenveränderungen alle Abteilungsgrenzen von 1798 bis 1992 dargestellt. Einige Flächengrenzen haben sich im Laufe der Zeit stark verändert, andere dagegen kaum. Die Bezeichnungen der Abteilungen haben sich wie folgt geändert:

In der Karte von 1827 sind zum ersten Mal Abteilungen verzeichnet, obwohl sich die Bezeichnungen noch immer auf Distrikte beziehen (z. B. Brand und Seilerschlag). 1843 haben die Abteilungen bereits Namen bekommen. Dabei wurden die früheren Bezeichnungen der Distrikte teilweise übernommen oder leicht verändert. So wird etwa die Abteilung Brand unterteilt in Vordere und Hintere Brand, Seilerschlag wird aufgeteilt in Seilerschlag und Zufuhr. Doch schon 1824/25 wird Zufuhr als nähere Bezeichnung verwendet (Seilerschlag bei der Zufuhr (STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 16: Nachweisung über den Fällungsbetrieb in den Jahren 1824/25)). Neben der Aufteilung des Distrikts und Benennung der Abteilungen in Vordere und Hintere, Obere und Untere wurden viele Abteilungen auch nach der Himmelsrichtung bezeichnet, so etwa Westliche und Östliche Kösseine. Erst 1860 werden die Bezeichnungen wieder verändert. So erhält eine Abteilung den ursprünglichen Namen des Distrikts (z. B. Vordere Brand → Brand), eine andere einen völlig neuen Namen (Hintere Brand → Fuchsbau). Teilweise werden Abteilungen zusammengefaßt (Westliche und Östliche Kösseine → Signalhöhe). Auch kam es vor, daß eine Fläche die Bezeichnung einer anderen, benachbarten Fläche erhält. So heißt im Jahre 1798 der Distrikt C Goergles Stein und Ringberg, im Jahre 1827 der Distrikt II Ringsberg und Görglstein. Im Jahre 1846 ist die Bezeichnung Görglstein nicht vorhanden und 1860 wird eine benachbarte Abteilung, die sich mit der ursprünglichen (1827) nur zu etwa einem Fünftel überdeckt, als Görgelstein bezeichnet.

Karte 18

172 KB

Karte 18: Veränderungen der Flächenaufteilung der Distrikte und Abteilungen im Untersuchungsgebiet von 1798 bis 1992

Vergleicht man nun die Karten und ihre Veränderungen von 1800 bis 1992, so kann man feststellen, daß die größten Veränderungen etwa bis zum Jahre 1873 stattgefunden haben. Danach bleiben die Abteilungsflächen in etwa gleich. Lediglich die Numerierung der Abteilungen ändert sich noch stark.

Die vom GIS berechneten Distrikts- und Abteilungsgrößen unterscheiden sich von den in den Holzbestandstabellen angegeben und umgerechneten Maße um maximal 10 %. Die Größe des Distrikts „Ewald“ beispielsweise wurde in der Holzbestandstabelle mit $155 \frac{4}{8}$ Tgw. 20 Ruthen angegeben. Dies entspricht einer Größe von 71,5 ha. Im GIS ist diese Fläche mit 78,95 ha angegeben und ist somit etwa 10 % größer. Die geringste Abweichung zwischen den Flächen in der Holzbestandstabelle und den vom GIS berechneten beträgt weniger als 0,2 % und betrifft den Distrikt Hart und Schauenberg.

Distrikt	Holzbestands- tabelle ha	GIS ha	%-Abweichung der im GIS berechneten Flächen von den Angaben aus der Holzbestandstabelle
Der Ewald	71,56	78,95	10,3
Die Matzen	197,48	201,97	2,3
Goergles Stein u: Ringberg	225,93	232,19	2,8
Kalchstein Steinknock und Todenkopf	256,87	272,32	6,0
Pezelschacht Silberrangen Silberloh	335,67	345,55	2,9
Die beyden Kössein	288,13	304,50	5,7
Hart und Schauenberg	133,40	133,65	0,2
Grosser Haberstein u: Pfeifersberg	162,46	174,64	7,5
Zimmermans Schacht, Kleerangen	125,00	121,68	-2,7
Rossenbergr	140,97	152,80	8,4

Tabelle 42: Vergleich der vom GIS berechneten Flächengrößen und der in der Holzbestandstabelle von 1798 angegebenen und in ha umgerechneten Distriktsgrößen

3. 1. 2 Historische Daten

Streudaten

Flächengenaue Streudaten liegen erstmals für das Jahr 1820/21 vor. Sie fehlen für das Jahr 1846 und von 1893 bis 1909 für das gesamte Untersuchungsgebiet, von 1910 bis 1941 fehlen die Daten für den Teil des Untersuchungsgebietes, der nicht zum Revier Grötschenreuth gehörte. Die Daten sind teils nur für das ganze Revier angegeben, teils für jede Abteilung und für jedes Jahr. Etwa bis zum Ende des 18. Jahrhunderts liegen alle Angaben handgeschrieben in der sogenannten Sütterlin-Schrift vor. Diese waren, je nach Handschrift, gut bis sehr schlecht zu entziffern.

Die Angaben, wieviel Volumen ein Fuder besitzt, widersprechen sich teilweise. So sind in den Unterlagen des Staatsarchives Bamberg folgende Angaben zur Größe eines Fuders zu finden:

(K 403, verschnürter Bestand, Stapel 16/1, lose Blätter, 1816):

Ein 2. spänniges Fuder Streu berechnet sich auf 180 Kubikfuß

(STA Amberg Reg. Kammer der Forsten, 2405 I, Tabellen:)

4spännige Fuder 3 Normalhaufen a 100 cf = 300 cf

2spännige Fuder 2 Normalhaufen a 100 cf = 200 cf

(K 350 I, Nr. 3730, FA Harlach, 1843/44 bis 1849, 1853-56):

"Vorerinerungen"

„Im Durchschnitte sind ... 300 Kubikfuß Streu für einen Wagen anzunehmen welchem Volumen ein Haufen von 15' Länge, 5' Breite und 4' Höhe entspricht.“

(FA Selb, verschnürter Bestand, 1837):

FNN-Tarife
Moosstreu

2spän. Fuder 216 c'

Es existierten zu Beginn des 19. Jahrhunderts drei verschiedene Angaben über die Größe eines 2-spännigen Fuders. Das Fuder war keine gesetzliche Einheit.

Bis zum Anschluß des Untersuchungsgebietes an Bayern im Jahre 1810 waren die Maße des Fürstentums Bayreuth gültig. Nach FICKERT (1989) betrug die Länge eines Fußes 29,78 cm. Nach 1810 war der bayerische Fuß die gültige Längeneinheit, der seit dem Jahre 1809 in ganz Bayern als Längenmaß gesetzlich vorgeschrieben war (Königlich-Baierisches Regierungsblatt, 11. März 1809). Die Länge eines bayerischen Fußes betrug 29,1859 cm (JORDAN et al., 1963). Ein Kubikfuß hatte demnach ein Volumen von 0,02486 m³. Ein 2-spänniges Fuder von 200 Kubikfuß besaß also ein Volumen von 4,97 m³, ein 4-spänniges Fuder mit 300 Kubikfuß Inhalt ein Volumen von 7,46 m³.

Neben den Fudermaßen existierten auch noch Schubkarre und Tracht als Kubikmaß für die Streu (FA Selb, verschnürter Bestand, 1824/25).

Ab 1872 wurden die Maße in den Forstämtern erneut umgestellt. Nach einem Gesetz von Ludwig II. von 1869 (Gesetz-Blatt für das Königreich Bayern. 7. Mai 1869) wurden die metrischen Maße eingeführt. An die Stelle des Fuders trat nun das Ster. Nach GAYER (1921) entsprach das Schichtmaß Ster einem Raummeter (m³). Das Ster war bis zum Jahre 1902 gültig, dann wurde das Meter (Festmeter, Raummeter) eingeführt.

Holzdaten

Die Holzdaten sind vollständiger dokumentiert. Das geerntete Holz wurde in verschiedene Sortimenten eingeteilt und getrennt nach diesen angegeben. Im Laufe der Zeit änderten sich allerdings die Sortimenten oder wurden zusammengefaßt, wie Tabellen 43a und 43b zeigen (STABA: K 403, verschnürter Bestand, Stapel 16; K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/1, Stapel 15/3, Stapel 15/22 und K 403 II, Nr. 3; K 350 V, Nr. 1072; FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch für den ersten und zweiten Zeitabschnitt 1932 bis 1941 und 1942 bis 1954; Wirtschaftskontrollbuch 1954 bis 1965; Wirtschaftsbuch 1966 bis 1980; Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990).

Viele Angaben sind aus den Unterlagen übernommen (beispielsweise Kubik... oder S..hieb). Nähere Erklärungen für diese Abkürzungen fehlen.

Jahre	Sortimente Maßeinheit				
1815/16	Scheit- holz Klafter	Reißig- holz 100	Stöck- holz Klafter	20 Starkholz	
1817/18	Bauholz Kleinholz Brennholz	Scheit- holz Klafter	Reißig 100	Stöck- holz Klafter	
1819/20	Nutz- holz Kubik...	Brenn- holz Klafter	Stock- holz Klafter	Aststreu Fuder	
1820/21	Nutz- holz Kubik...	Brenn- holz Klafter	Stock- holz Klafter	Aststreu Fuder	
1821/22	Nutz- holz Kubik...	Scheit- holz Klafter	Stöcke Klafter	Büschel Stück	Ast- streu Fuder
1822/23	Stamm- holz Massenklafter	Reis- holz Massen- klafter	Stöck- holz Massenklafter	Fläche Tgw dez	
1825/26	Massenklafter	alles zusammen			
1826/27	Stamm- holz Massenklafter	Reis- holz Massen- klafter	Stöck- holz Massenklafter	Fläche Tgw dez	
1830/31	Gerecht- holz im alten Maaß Klafter	Deputat- holz Klafter	Ver- kaufs- holz Klafter	Summa in Normal- klaftern ... S..hieb	
1831/32	Bau- u. Brennholz Klafter	Stöck Klafter	Wellen Hunderte		

Tabelle 43a: Holzsortenangaben und ihre Einheiten zwischen 1815 und 1990 (Fortsetzung nächste Seite)

1835/36	Bau- u. Nutzholz Massenklafter?	Scheit- u. Prügelholz Klafter	Stöcke Klafter	Wellen Hunderte	
1846-1861	Bau-, Nutz- u. Stammholz Klafter	Scheit- u. Prügelholz Klafter	Stockholz Klafter	Wellen Hunderte	
1862-1873 Vordorf	Bau- u. Nutzholz	Brenn- u. Kohlholz			
	Klafter Ster	Scheit-, Prügel u. Astholz Klafter Stere	Stock- u. Lagerholz Klafter Stere	Stere u. Wellen Hdrt Klafter Stere	
1862-1873 Furthammer	Bau- u. Nutzholz	Scheit- u. Prügelholz	Summe der Stammhölzer	Stockholz	Wellen hunder t
	Stere				
1874-1896	Bau-, Nutz- u. Stammholz Stere	Scheit- u. Prügelholz Stere	Stockholz Stere	Wellen Hunderte	
1897-1931	Stamm- holz fm	Stock- holz fm	Wellen- holz fm		
1932-42	Gesamtangaben Vorratsfestmeter				
1943-54	Erntefestmeter				
1955-65	Erntefestmeter mit Rinde				
1966-1990	Festmeter				

Tabelle 43b: Holzsortenangaben und ihre Einheiten zwischen 1815 und 1990

Wie aus Tabelle 43 zu ersehen ist, wurden die Holzerntedaten im Jahre 1872 umgerechnet, auch die bis dahin angefallenen Daten seit 1862. Dabei entsprach eine Klafter 3,1325 Ster sowohl beim Bau- und Nutzholz, beim Scheit-, Prügel- und Astholz als auch beim Stockholz. Ein(e) Wellenhunderte entsprach einem Ster. Somit besitzt ein Ster je nach Sortiment wie die Klafter eine unterschiedliche Holzmasse.

Im Jahre 1902 wurde das Festmeter (fm) eingeführt. In den Unterlagen des Staatsarchivs Bamberg finden sich unter K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15, folgende Angaben:

1 Ster Stammholz (Bau-, Nutz- u. Werkholz) = 0,72 fm (1fm = 1,38 Ster)

1 Ster Stockholz = 0,5 fm

1 Ster (Wellen Hunderte) = 2 fm

Die Angaben ab 1932 lagen für den Einzelbestand als Gesamtangaben vor, für das gesamte Revier bzw. Forstamt jedoch nach Holzsorten getrennt (siehe Diagramm 7).

Für die Zeit von 1897 bis 1931 lagen die Daten summiert in fm vor. Ab 1932 waren die Daten für jedes Jahr vorhanden. In der Zeit von 1966 bis 1981 fehlen Daten über denjenigen Teil des Untersuchungsgebietes, der 1973 vom Forstamt Wunsiedel dem Forstamt Fichtelberg angegliedert wurde. Ebenso fehlen die Angaben von 1990 aus dem Revier Grötschenreuth, da das Revier in diesem Jahr keinen Förster hatte, welcher die Holzerntedaten hätte eintragen können.

Die Zuordnung der Holzerntedaten zu den Karten und die Kartenerstellung entsprach dem Vorgehen bei den Streudaten.

3. 1. 3 Zeitlicher Gültigkeitsbereich der Karten

Die Angaben zu den Flächen entsprachen nicht immer der zu diesem Zeitpunkt gültigen Karte. Tabelle 44 zeigt, welcher Karte die Streu- und Holzdaten zugerechnet wurden.

Karte	Streunutzung		Holznutzung	
	von	bis	von	bis
1827	1821	1847	1815	1845
1846	1848	1861	1847	1861
1873	1862	1891	1862	1896
1897	1910	1941	1897	1931
1932	1942	1954	1932	1954
1954			1955	1965
1966			1966	1980
1981			1981	1990

Tabelle 44: Zuteilung der Streu- und Holzdaten zu den Karten

3. 2 Streugewichte

Angaben zu den Gewichten der Streumaterialien sind in der Literatur sehr schwer zu finden. Sie fanden sich dagegen in den Unterlagen des Forstamtes Wunsiedel (FA Wunsiedel: Waldstreu, Moos- und Laubrechen 1923-37; Waldstreu, Moosnutzung; 25-9a, 1938-50). Die weiteren Gewichte für die Streuarten wurden nach den Angaben aus WOLFF (1871) und nach Unterlagen der OFD Bayreuth: Forstamt PEGNITZ „Wertsberechnung für 1. Streurechtsanteil aus dem Berechtigungsbezirk „Veldensteinerforst“ Zutreffend für die Ortschaft: Neuhaus“ (1987) berechnet.

Streuart	Volumen	Gewichts- angabe	Gewicht (lufttrocken) in kg/m ³	Gewicht der Trocken- substanz kg/m ³	Quelle
Sumpfmoss	1 rm	1,20 Ztr.	60		FA Wunsiedel
frisch	1 rm	20 Ztr.			
Laub-, Moos-, u. Nadelstreu:	1 Ster	2 Ztr.	100		FA Wunsiedel
Beerkraut	1 Ster	1,8 Ztr.	90	76,5	OFD Bayreuth, FA Pegnitz
Haidekraut	1 m ³		60,3		WOLFF, S. 97
Heidekraut	1 m ³		80		OFD Bayreuth, FA Pegnitz
Heidekraut Ø	1 m ³		70	61,6	
Moos	1 m ³		88		WOLFF, S. 97
Moos	1 m ³		126		WOLFF, S. 97
Moos Ø	1 m ³		100	86,04	
Fichtennadeln	1 m ³		168		WOLFF, S. 97
Fichtennadeln	1 m ³		152		WOLFF, S. 97
Fichtennadeln Ø	1 m ³		160	140	
Kiefer	1 m ³		101		WOLFF, S. 97

Tabelle 45: Gewichte der Streumaterialien (nach FA Wunsiedel; OFD Bayreuth, FA PEGNITZ, 1987; WOLFF, 1880)

3. 3 Streuentnahme

Die Höhe der Streuentnahme im Untersuchungsgebiet gibt Karte 19 wieder. Deutlich ist zu erkennen, daß sich das Ausmaß der Streunutzung auf einigen Flächen stark unterscheidet. So wurden etwa im Bereich Seilerschlag dem Wald fast 100 Kubikmeter Streu pro ha entnommen, im Bereich der angrenzenden Abteilung Zufahrt dagegen weniger als 20 Kubikmeter Streu pro ha. Es handelt sich hierbei um die nachgewiesene Streuentnahme. In Wirklichkeit kann das Muster noch anders aussehen, da die Streudaten nicht für alle Jahre flächengenau vorlagen.

Karte 19

61 KB

Karte 19: Streuentnahme im Revier Tröstau zwischen 1820 und 1954

In Diagramm 5 ist der zeitliche Verlauf der Streuentnahme im Untersuchungsgebiet im Zeitraum von 1815 bis 1950 dargestellt.

Diagramm 5

115 KB

Diagramm 5: Die Streunutzung seit 1815 im Untersuchungsgebiet (Erläuterung siehe Text)

Es ist deutlich zu sehen, daß die Streunutzung über die Zeit nicht gleichmäßig ausgeübt wurde. In den Jahren vor 1835, 1893 und in der Zeit des 1. Weltkrieges und kurz danach sind deutliche Spitzen in der Nutzung zu erkennen.

Die Aststreu war für die Jahre von 1819 bis 1821 sowie 1947 und 1948 angegeben. Man kann aber davon ausgehen, daß auch in den übrigen Jahren Aststreu genutzt wurde, dies aber in den Unterlagen nicht aufgeführt ist. So ist etwa im Distrikt Grünersberg im Jahre 1942 offensichtlich Aststreu entnommen worden, wie ein ortsansässiges älteres Ehepaar dem Verfasser mitteilte. In den Unterlagen tauchte dies jedoch nicht auf. Die Angaben zum Revier „Tröstau“ stellen die Summe der Streuentnahme aus den einzelnen Abteilungen dar und können bis 1893 nachgewiesen werden (STABA, K 403 II, Nrn. 84, 89, 92, 93, 94). In den Jahren danach wurden nur noch Gesamtsummen angegeben. Die Angaben zu „Wunsiedel“ zwischen 1886 und 1922 entstammen dem Ordner K 430 II, Nr. 88. Die Angaben zu „Grötschenreuth“ entstammen dem Ordner K 403 IV, Nr. 13. Die Mengen an entnommener Streu konnten in etwa den Abteilungen zugeordnet werden. Die Bezeichnung „Summe“ gibt die Gesamtangabe der entnommenen Streu zwischen 1897 und 1950 wieder. Die Daten entstammen den Ordnern STABA K 403 V, Nr. 1073 und den Ordnern des Forstamtes Wunsiedel „Waldstreu, Moos- und Laubrechen“ und „Waldstreu. Moosnutzung.“. Die Angaben überschneiden sich und widersprachen sich manchmal.

Karte 19 wurde aus den Angaben „Aststreu“, „Tröstau“ und „Grötschenreuth“ erstellt. Vereinzelt Angaben in den anderen Ordnern, welche sich auf eine Fläche beziehen, wurden ebenfalls berücksichtigt. Die Angaben unter der Bezeichnung „Summe“ beziehen sich ab 1897 auf eine Fläche, die größer als das Untersuchungsgebiet ist, da sie Teile des Reviers Vordorf beinhaltet.

In den einzelnen Zeitabschnitten konnten nicht immer alle Waldflächen streugenutzt werden. Es gab bestimmte Regeln, welche Bestände gerechert werden durften und welche nicht (STABA, FA Selb, Rentverwaltung Sechsamter, verschnürter Bestand), so etwa die „Königlich allerhöchste Verordnung vom 19. August 1849 über die Abgabe und Verwerthung der Forstprodukte aus Staatswaldungen“, die hier beispielhaft zitiert wird.

„III. Abgabe und Verwerthung von Forst-Nebennutzungen Art. 10

Grundregeln für die Streunutzung:

- a. Verschonung der jungen Bestände bis u/2
- b. Schonung der sehr mageren und der Sonne bloßgestellten Orte
- c. ein Wechsel in der Fläche der rechbaren Bestände, welcher bei Kiefern, Lerchen und Birken in feuchtem, frischen Boden nicht unter drei Jahren, in trockenem Boden nicht unter sechs Jahren; bei Buchen, Eichen, Weißtannen und Fichten in feuchtem, frischen Boden nicht unter sechs Jahren, in trockenem Boden nicht unter zehn Jahren betragen darf.
- d. eine mindestens 5jährige Vorhege vor dem Umtriebe“

Weiterhin wurde in der Verordnung angegeben, daß in Überschwemmungsgebieten, wo die Streu sowieso weggeschwemmt wird, weiterhin jährlich gerechert werden durfte. Es sollten Reserven gebildet werden. Streunutzungspläne sollten nicht aufgestellt werden, um die

Streuabgabe möglichst gering zu halten. Die Aufstellung eines Streunutzungsplanes würde die Nachfrage nach Streu bei den Berechtigten nur verstärken.

Um die Menge der abzugebenden Streu zu schätzen, sollte diese laut Verordnung nach Führen gesammelt oder aber auf beliebig große, untereinander aber gleichgroße Haufen aufgesetzt und dann abgeschätzt werden. Bei Flächenabgabe der Streu sollte eine Probennahme stattfinden.

Auch die Abgabezeit war geregelt. So sollte die Streu nur in drei Wochen innerhalb der Monate September, Oktober und November, eventuell noch im April erfolgen. Bei Schnee konnte man noch auf die Monate Juni und Juli ausweichen.

Falls möglich sollten anstelle der Waldstreu sogenannte Streusurrogate (Schilf, Gras, Heide, Farrenkräuter, Bröckeltorf etc.) und die bei der Fällung der Nadelhölzer sich ergebende Aststreu zur Abgabe kommen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Streunutzung in unterschiedlicher Intensität ausgeübt wurde. Die Karten geben nur eine ungefähre Darstellung der Intensität wieder, da die Streunutzung nicht flächengenau angegeben wurde. Die Angaben über entnommene Mengen Streu wurden nur auf die Abteilungen bezogen. In Wirklichkeit könnte die Intensität der Streunutzung auch innerhalb einer Abteilung noch größer sein. Die Streunutzung unterlag auch zeitlichen Schwankungen, so wurde etwa um 1830/35, 1895 und nach dem zweiten Weltkrieg sehr viel Streu genutzt. In den anderen Jahren dagegen wurde bedeutend weniger Streu genutzt, bis die Streunutzung etwa um 1950 völlig aufhörte.

3. 4 Holzentnahme

Die Holzentnahme wurde für die Jahre 1815 bis 1990 ermittelt. Karte 20 zeigt die Holzentnahme im Untersuchungsgebiet für diesen Zeitraum. Deutlich ist auch hier ein Muster in der Intensität der Holzentnahme zu erkennen. Im Bereich der Ottenwiese (II 22) wurden mehr als 1000 fm Holz entnommen, während in den angrenzenden Abteilungen Zeckenwiese und Hart nicht einmal die Hälfte erreicht wurde. Für den schraffierten Bereich fehlen die Angaben zur Holzentnahme von 1966 bis 1981.

(STABA: K 403, verschnürter Bestand, Stapel 16, 15/1, 15/3, 15/22 und K 403 II, Nr. 3; K 350 V, Nr. 1072; FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch für den ersten und zweiten Zeitabschnitt 1932 bis 1941 und 1942 bis 1954; Wirtschaftskontrollbuch 1954 bis 1965; Wirtschaftsbuch 1966 bis 1980; Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990, FA Fichtelberg, Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990).

Karte 20

53 KB

Karte 20: Holzentnahme im Untersuchungsgebiet von 1815 bis 1990

Betrachtet man die Holzentnahme im zeitlichen Verlauf, so erkennt man einen Anstieg der Holznutzung mit einem Maximum während des 2. Weltkrieges und kurz danach (Diagramm 6). Von 2,3 fm /ha im Jahre 1816 steigerte sich der Holzeinschlag langsam bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Zu dieser Zeit liegt der Holzeinschlag bei 3,8 fm/ha/a und erhöhte sich bis 1930 auf 4,3 fm/ha/a. Mit 12,9 fm/ha erreicht der Holzeinschlag im Jahre 1947 sein absolutes Maximum. Danach sank er und erreichte mit 0,7 fm/ha/a im Jahre 1959 sein Minimum. In den folgenden Jahren schwankt der Holzeinschlag stärker, blieb aber mit durchschnittlich 3,7 fm/ha/a um etwa 40 % höher als zu Beginn des 19. Jahrhunderts.

Diagramm 6

87 KB

Diagramm 6: Holzentnahme im Untersuchungsgebiet zwischen 1815 und 1990

Aber nicht nur die Quantität des Einschlags änderte sich im Laufe der Zeit, sondern auch die Qualität, wie Diagramm 7 zeigt.

Diagramm 7

49 KB

Diagramm 7: Prozentuale Anteile der Holzsorten am Gesamteinschlag

(Diagramme 6 und 7: STABA: K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/1; 15/22; 16; K 403 II, Nr. 3; K 350 V, Nr. 1072; FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch für den ersten und zweiten Zeitabschnitt 1932 bis 1941 und 1942 bis 1954; FA Wunsiedel, Übersicht des Holzeinschlags 1965; FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch 1966 bis 1980; FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990, FA Fichtelberg, Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990).

Es ist ein stetiges Ansteigen des Bau- und Nutzholzes bis zum Jahre 1965 zu erkennen. Dafür gehen die qualitativ geringerwertigen Sorten (Scheit- und Prügelholz, Reisholz und Stockholz) zurück. Für die Zeit von 1897 bis 1931 war nur Stammholz angegeben. Darunter waren in diesem Fall das Bau- und Nutzholz sowie das Scheit- und Prügelholz zu verstehen.

Eine Trennung in Laub- und Nadelholz bzw. in die verschiedenen Holzarten fand erst ab 1921 statt (FA Wunsiedel, Übersicht des Holzeinschlags. Fach-Nr. 24, Band-Nr. 4.). Der Anteil des Laubholzes am Gesamteinschlag lag zwischen 1921 und 1939 maximal bei 0,32 %. Der Anteil der Kiefer am Gesamteinschlag lag zwischen 1940 und 1965 durchschnittlich bei 21,7 %. Tannen wurden nicht aufgeführt, obwohl sie vorhanden waren. Ab 1966 wurde die Datenlage wieder schlechter. Es wurden nur Gesamtsummen angegeben ohne in Holzsorten oder -arten zu trennen. Auch wurden nur ganze Festmeter angegeben. Im Wirtschaftsbuch des Forstamtes bzw. des Reviers fehlten die Angaben für die Abteilungen, die 1973 dem Forstamt Fichtelberg zugeschlagen wurden (FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch 1966 bis 1980). Erst ab 1981 wurden wieder Dezimalzahlen angegeben und auch Angaben über die Abteilungen des Forstamtes Fichtelberg waren wieder vorhanden (FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990, FA Fichtelberg, Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei der Holznutzung die Angaben über Sortimente und Mengen im Laufe der Zeit nicht unbedingt besser wurden. Gerade in den letzten Jahren ab etwa 1966 sind die Angaben über die Sortimente sehr dürftig.

3. 5 Versauerung durch Biomassenutzung

Berechnet man aus den entnommenen Mengen an Holz und Streu die Elementgehalte und rechnet diese in Ionenäquivalente um, so erhält man die Versauerung, die aus dem Biomasseexport resultiert (Karte 21). Die Versauerung variiert innerhalb des Untersuchungsgebietes zwischen 0 - 14 kmol/ha/175 Jahren und 56 - 74 kmol/ha/175 Jahren. Die Bereiche mit geringer Versauerung sind vor allem Wiesenflächen und ehemalige Wiesenflächen. Eine stärkere Versauerung findet dort statt, wo viel Streu und Holz entnommen wurden (siehe Karten 19 und 20).

Karte 21

52 KB

Karte 21: Versauerung durch Biomassenutzung im Revier Tröstau zwischen 1815 und 1990

3. 6 Altersklassenverteilung, BA-Zusammensetzung, Wuchsleistung

Die ersten Altersklassenzusammenstellungen für das Untersuchungsgebiet finden sich auf der Karte von 1798. Es gibt vier Altersklassen und zwar von 1 bis 25, von 25 bis 40, von 40 bis 70 und von über 70 Jahren. Daneben werden Schonungen, Ödungen, Lohen und Wiesen als Flächen ausgewiesen (Diagramm 8). Die Altersklassen sind für jeden Distrikt aufgeführt. Eine genauere Altersangabe ist nicht vorhanden.

Es ist zu erkennen, daß die Altersklassen unterschiedlich viele Jahrgänge an Bäumen beinhalten. Es sind in der ersten Altersklasse 25 Jahre, in der zweiten Altersklasse 15 Jahre und in der dritten Altersklasse 30 Jahre vertreten. Wenn man dieses berücksichtigt, so ist die zweite Altersklasse von 25 bis 40 Jahren verhältnismäßig stark vertreten. Die erste und dritte Altersklasse sind dagegen unterrepräsentiert. Über die vierte Altersklasse läßt sich wenig sagen, da die normale Umtriebszeit nicht angegeben ist. Die Lohen, unter denen man nasse Standorte versteht, sind mit etwas mehr als 5 % an der Gesamtfläche vertreten, die Wiesen mit fast 9 %.

Diagramm 8

59 KB

Diagramm 8: Altersklassenverteilung im Untersuchungsgebiet 1798 (ohne Grünersberg)
(FA Wunsiedel, Karte 1798)

Aus dem Jahre 1835 stammt die zweite Altersklassentabelle bzw. „Holz Bestands-Tabelle“ (FA Wunsiedel, Karte 1827) (hier nicht gezeigt). Sie unterscheidet sich nicht wesentlich von der von 1798. Geändert hat sich im Vergleich zur älteren Tabelle lediglich die Waldeinteilung und das Maß für das Tagwerk. In dieser Holzbestandstabelle beziehen sich die Altersangaben auf die Distrikte.

Erst 1846, als die Flächeneinteilung nach Abteilungen und Unterabteilungen abgeschlossen war, wurden genaue Altersangaben für jede Unterabteilung gemacht (FA Wunsiedel, Revier Tröstau Zusammenstellung der Alters=Klassen. Nach dem Waldstande des Wirtschaftsjahres 1845/6). Diagramm 9 zeigt die sich daraus ergebende Altersklassenverteilung. Baumarten werden für jede Unterabteilung ausgewiesen. Vorherrschend sind Fichten, gefolgt von „Föhren“ (Kiefern) und Tannen.

Es wird deutlich, daß die Jungbestände, und hier vor allem die 10 bis 20 Jahre alten Bestände, vorherrschend sind. Die ältesten Bestände sind weniger als 120 Jahre alt.

Diagramm 9

63 KB

Diagramm 9: Altersklassenverteilung im Revier Tröstau im Jahre 1845/46 (FA Wunsiedel, Revier Tröstau Zusammenstellung der Alters=Klassen. Nach dem Waldstande des Wirtschaftsjahres 1845/6)

In den Jahren 1862, 1874 und 1897 werden neue Altersklassentabellen aufgestellt (FA Wunsiedel, Vermessungs- und Altersklassentabellen 1862 u. 1874; STABA, K 403 V, Nr. 1072). Jedoch erst 1910 werden prozentuale Angaben über die Baumarten gemacht, wie in Diagramm 10 dargestellt ist (STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/25). Es zeigt sich, daß die Fichte die vorherrschende Baumart ist, gefolgt von der Kiefer. Tannen sind in größeren Anteilen nur noch in den höheren Altersklassen vertreten. Die Bestände mit Tannen sind in den Jahren vor 1830 entstanden. Die ältesten Bestände sind jetzt über 140 Jahre alt.

Diagramm 10

70 KB

Diagramm 10: Altersklassentabelle und Baumarten im Untersuchungsgebiet im Jahre 1910 (STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/25)

Für die Jahre nach 1910 liegen ebenfalls Angaben zu Baumarten und zur Alterszusammensetzung im Untersuchungsgebiet vor. Diese Altersklassen- und Baumartentabellen sind hier jedoch nicht aufgeführt.

Im Jahre 1860 wurde die Wuchsleistung der Bestände im Revier Tröstau bewertet (STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 14/20). Die Wuchsleistung jeder Unterabteilung wurde eingeteilt in ziemlich gut, gut, mittelmäßig und sehr mittelmäßig bis gering. Die Angaben für die Unterabteilungen wurden abteilungsweise zusammengefaßt und in die sieben Kategorien von ziemlich gut bis gering eingeteilt. Karte 22 gibt diese Einteilung der Wuchsleistung wieder.

Karte 22

55 KB

Karte 22: Wuchsleistung im Revier Tröstau im Jahre 1860 (STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 14/20)

3. 7 Düngung

Ein wesentlicher Einflußfaktor auf den heutigen Bodenzustand, der der Versauerung entgegenwirkt, ist die Düngung. Daher war es wichtig, diesen Einflußfaktor quantitativ zu erfassen. Karte 23 wurde aus Düngekarten im Forstamt Wunsiedel, aus Angaben in dem Düngeordner des Forstamtes und den Elementgehalten der Dünger erstellt. Einzelne Flächen wurden mehrfach gedüngt, auch mit verschiedenen Düngern. Rechnet man die gedüngten Mengen in Ionenäquivalente um, so erhält man die Menge, die der Versauerung entgegenwirkt (Karte 24). Auf den beiden Karten erkennt man eine deutliche Differenz sowohl bei der Menge des ausgebrachten Düngers als auch bei seiner Säureneutralisierungskapazität (IÄ) zwischen den gedüngten und ungedüngten Flächen. So wurden im Bereich der Abteilung Seilerschlag mehr als 38 kg Phosphor, mehr als 3750 kg Calcium und fast 280 kg Magnesium gedüngt. Dies entspricht einer

Säureneutralisierungskapazität von 210 kmol IÄ/ha. Andere Flächen wurden dagegen gar nicht gedüngt.

Karte 23

81 KB

Karte 23: Düngung im Revier Tröstau zwischen 1948 und 1990 (z. T. mehrfach)

Karte 24

64 KB

Karte 24: Gedüngte Ionen-Äquivalente im Revier Tröstau zwischen 1948 und 1990

3. 8 Deposition

Bei der Deposition wurde die aktuelle Deposition, das sind die Stoffmengen, die derzeit in das Untersuchungsgebiet eingetragen werden, untersucht. Aus der aktuellen Deposition wurde aufgrund von Literaturangaben die historische Deposition berechnet.

Die aktuelle Deposition im Untersuchungsgebiet ergibt sich aus der Summe der einzelnen Depositionsarten: nasse, feuchte und trockene Deposition. Karte 25 zeigt die aktuelle Deposition in Ionen-Äquivalenten, wie sie sich nach dem im Kapitel „2. Material und Methoden“ beschriebenen Modell ergibt. Wie man erkennt, werden die höchsten Mengen an Säure in den höchsten Lagen des Untersuchungsgebietes eingetragen. Hier liegt die Säuredeposition bei über 4,5 kmol IÄ/ha/a. In den tiefergelegenen Regionen dagegen wird weniger als die Hälfte der Höchstmengen eingetragen.

Karte 25

53 KB

Karte 25: Aktuelle Versauerung durch Deposition (Ionen-Äquivalente) im Untersuchungsgebiet

Die historische oder besser gesagt die kumulative Deposition seit 1815 ergibt sich aus der aktuellen Deposition, multipliziert mit den errechneten Faktoren, die das Verhältnis zwischen der aktuellen Emission auf dem Gebiet der ehemaligen Bundesrepublik Deutschland und der Summe der Emissionen seit 1815 angeben.

Karte 25 zeigt die aktuelle Deposition in Ionen-Äquivalenten im Untersuchungsgebiet. Die Verteilung der Deposition hat sich nach diesem Modell in den letzten 175 Jahren kaum geändert. Unter der Voraussetzung, daß 10 % der Staub-Immissionen aus der Industrie stammen, liegt die Versauerung durch die historische Deposition (Summe der eingetragenen Säuren - Summe der eingetragenen Basen) im Durchschnitt 50 mal höher als die aktuelle Versauerung (Karten 25 und 26); würden 25 % der Staub-Immissionen aus der Industrie stammen, so läge die Versauerung durch historische Deposition im Durchschnitt 30 mal höher als die aktuelle Versauerung (Karten 25 und 27).

Karte 26

51 KB

Karte 26: Szenario 1: Kumulative Versauerung durch Deposition (Ionen-Äquivalente) unter der Annahme, daß 10 % der Staub-Immissionen aus der Industrie stammen

Karte 27

53 KB

Karte 27: Szenario 2: Kumulative Versauerung durch Deposition (Ionen-Äquivalente) unter der Annahme, daß 25 % der Staub-Immissionen aus der Industrie stammen

Die Versauerungsrate ist bei Szenario 2 geringer als bei Szenario 1, da mehr basische Kationen in das Untersuchungsgebiet eingetragen wurden!

3. 9 Verwitterung

Durch die Verwitterung des geologischen Ausgangsmaterials werden Ionen freigesetzt, die einer Versauerung entgegenwirken und/oder von den Pflanzen aufgenommen werden können. Die Verwitterungsraten im Untersuchungsgebiet liegen bei 0,5 kmol/ha/a/1m Bodentiefe bei Granit, Gneis und Phyllit. Kalksilikatfels besitzt eine höhere Verwitterungsrate, nämlich 1 kmol/ha/a/1m Bodentiefe. Da in dieser Untersuchung nicht jede geologische Spezifikation berücksichtigt wurde und auch keine Differenzierung der Verwitterung über die Höhe stattfand, ergibt sich ein recht einheitliches Bild der Verwitterungsraten im Untersuchungsgebiet (Karte 28).

Karte 28

45 KB

Karte 28: Verwitterungsraten im Untersuchungsgebiet Revier Tröstau

3. 10 Auswaschung

Mit dem Sickerwasser werden Stoffe aus dem Boden ausgewaschen. Die Stoffe, hauptsächlich Ionen, werden im Wasser gelöst und entweder in tiefere Bodenhorizonte verfrachtet oder völlig ausgewaschen. Werden basisch wirkende Ionen ausgewaschen, so trägt dies zur Versauerung des Bodens bei.

Die Versauerung durch Auswaschung im Untersuchungsgebiet gibt Karte 29 wieder. Die Auswaschung ist dort am höchsten, wo der meiste Niederschlag fällt. Betrachtet man die Auswaschung nur bis zu einer Tiefe von einem halben Meter, so ist die Versauerung pro Volumen Boden größer als bei einer Tiefe von einem Meter.

Karte 29

50 KB

Karte 29: Die Auswaschung im Untersuchungsgebiet von 1815 bis 1990 (in Abhängigkeit vom Niederschlag)

3. 11 Vergleich der verschiedenen Einflußfaktoren

Ursprünglich war es geplant, alle Karten der verschiedenen Einflußfaktoren miteinander zu verschneiden, mit dem Ziel, eine stoffhaushaltliche Bilanzierung durchzuführen. Als Ergebnis sollte eine Bilanzierungskarte entstehen, aus der ersichtlich werden sollte, welche Flächen versauern und welche nicht. Hierauf wurde dann jedoch verzichtet. Die Gründe dafür werden ausführlich im Diskussionsteil (Kapitel 4. 6) erläutert.

An Stelle der Bilanzierungskarte soll ein Diagramm den Einfluß des Biomasseexportes auf den Bodenzustand erklären. Diagramm 11 zeigt einen Vergleich der einzelnen Einflußfaktoren auf den heutigen Bodenzustand am Beispiel der Abteilung Seilerschlag.

Diagramm 11

57 KB

Diagramm 11: Vergleich der Einflußfaktoren auf den heutigen Bodenzustand am Beispiel der Abteilung Seilerschlag (Deposition als Mittelwert aus 10 % und 25 % Industrieinfluß)

Es wird deutlich, daß die Versauerung durch Biomassenutzung in der Abteilung Seilerschlag eine fast gleich große Rolle spielt wie die Deposition. Während die Biomassenutzung dem Boden im Laufe von 175 Jahren 56 kmol IÄ/ha entzogen hat, schlägt die Deposition mit 65 kmol IÄ/ha zu Buche. Die Auswaschung dagegen beträgt mit 260 kmol IÄ/ha etwa das 5fache der Biomassenutzung und der Deposition. Verwitterung und Düngung wirken im Gegensatz zu den drei erstgenannten Faktoren der Versauerung des Bodens entgegen und vermindern diese im Untersuchungszeitraum um 85 bzw. 210 kmol IÄ/ha. Als Gesamtbilanz ergibt sich für die Abteilung Seilerschlag ein Ionenentzug von 86 kmol IÄ/ha in der Zeit von 1815 bis 1990.

3. 12 Ergebnisse der Bodenproben

3. 12. 1 Allgemeines

Zu den Ergebnissen der Bodenproben gehören allgemeine Bodenkennwerte, die direkt aus den gewonnenen Bodenproben ermittelt werden konnten, und die chemischen Analysen, die in Göttingen im Institut für Bodenkunde und Waldernährung ermittelt wurden. Karte 30 und 31 zeigen die Lage der Probenpunkte in den Distrikten Plattenberg und Grünersberg. Gleichzeitig ist die Versauerung durch Biomasseentzug (kmol IÄ/ha) in den beiden Distrikten angegeben. Die Karten 5 und 6 im Kapitel „2. Material und Methoden“ zeigen die Probenpunkte auf verschiedenen geologischen Ausgangsgesteinen und verschiedenen Standortseinheiten. Man erkennt, daß die Probenpunkte so gewählt wurden, daß sie sowohl in Gebieten mit starker als auch mit mäßiger Versauerung durch Biomassenutzung und auf unterschiedlichen Standortseinheiten zu liegen kamen.

Karte 30

33 KB

Karte 30: Probenpunkte und Versauerung durch Biomassenutzung (Ionen-Äquivalente) im Distrikt Grünersberg

Karte 31

52 KB

Karte 31: Probenpunkte und Versauerung durch Biomassenutzung (Ionen-Äquivalente) im Distrikt Plattenberg

Von den Orten der Probennahme und von den Bodenprofilen wurden Aufnahmen gemacht. In den Abbildungen 17 bis 21 sind beispielhaft die Umgebung der Probenpunkte auf Phyllit und Granit und ihre Bodenprofile dargestellt.

Abbildung 17

814 KB

Abbildung 17: Probenpunkt 6 mit Bodenprofil (Phyllit, STO-Einheit 313, mäßig streugenutzt)

Abbildung 18

474 KB

Abbildung 18: Probenpunkt 19 mit Bodenprofil (Phyllit, STO-Einheit 312, wenig streugenutzt)

Abbildung 19

459 KB

Abbildung 19: Probenpunkt 28 mit Bodenprofil (Granit, STO-Einheit 102, wenig streugenutzt)

Abbildung 20

529 KB

Abbildung 20: Probenpunkt 33 mit Bodenprofil (Granit, STO-Einheit 101, stark streugenutzt)

Abbildung 21

503 KB

Abbildung 21: Probenpunkt 35 mit Bodenprofil (ebenfalls Granit, STO-Einheit 101, stark streugenutzt)

Die Waldbilder unterscheiden sich wenig voneinander. Teilweise ist mehr, teilweise weniger Unterwuchs oder Bodenbewuchs vorhanden. Auf den Phyllitstandorten finden sich keine großen Steine wie etwa auf den Granitstandorten. Doch auch innerhalb der gleichen Standorteinheit gibt es Unterschiede, wie die Abbildungen 20 und 21 zeigen.

Bei den Bodenprofilen können die Unterschiede auch auf kleinstem Raum sehr groß sein. In der Abbildung 21 sieht man zwei Bodenprofile des Probenpunktes 35. Während das linke Profil durch einen Stein nach unten begrenzt wird, sich also kein B-Horizont ausbilden konnte, ist beim rechten Profil deutlich ein B-Horizont zu erkennen.

3. 12. 2 Allgemeine Bodenkennwerte

Ein allgemeiner Bodenkennwert ist die Entnahmetiefe der Bodenproben. Die Entnahmetiefen der Bodenproben zeigt Karte 31 für den Distrikt Grünersberg bzw. Karte 32 für den Distrikt Plattenberg. Die durchschnittliche Entnahmetiefe liegt im Distrikt Plattenberg auf Granit bei 37 cm, im Distrikt Grünersberg auf Phyllit bei 39,2 cm. Auf Gneis wurde nur eine Probe genommen, deren Tiefe bei 67 cm liegt. Begrenzt wurde die Entnahmetiefe vor allem durch Steine, die eine tiefere Entnahme nicht zuließen. Die Steingehalte der Böden waren sehr hoch, wie Tabelle 46 zeigt.

Tiefe im Mineralboden	Durchschnittlicher Steingehalt der Bodenproben in %	
	Phyllit	Granit
0 – 10 cm	26	37
10 – 20 cm	40	65
20 – 30 cm	48	72
30 – 50 cm	58	72
50 – 70 cm	87	68

Tabelle 46: Durchschnittlicher Steingehalt der Bodenproben im Mineralboden in Prozent

Teilweise war aber auch der Boden so feucht, daß der Wurzelbohrer nur noch mit Mühe aus dem Bohrloch gezogen werden konnte und eine weitere Probennahme nicht mehr möglich war.

Karte 32

30 KB

Karte 32: Durchschnittliche Entnahmetiefe (cm) der Bodenproben auf Phyllit im Distrikt Grünersberg

Karte 33

47 KB

Karte 33: Durchschnittliche Entnahmetiefe (cm) der Bodenproben auf Granit und Gneis im Distrikt Plattenberg

Ein weiterer Bodenkennwert ist die Humusstärke. Sie wurde als Durchschnitt der vier Proben je Entnahmepunkt gemessen und berechnet. Karte 34 zeigt die Humusstärke im Distrikt Grünersberg auf Phyllit, Karte 35 die Humusstärke im Distrikt Plattenberg auf Granit und Gneis.

Man erkennt, daß die Humusstärke im Bereich der Abteilung Seilerschlag am größten ist. Im Distrikt Grünersberg auf Phyllit ist sie dagegen geringer.

Karte 34

48 KB

Karte 34: Durchschnittliche Humusstärke (cm) auf Phyllit im Distrikt Grünersberg

Karte 35

30 KB

Karte 35: Durchschnittliche Humusstärke (cm) auf Granit im Distrikt Plattenberg

Eine statistischen Analyse der Humusstärke mit der Prozedur ANOVA der Statistik Software SAS ergab folgende Ergebnisse für die Bodenproben, die auf Phyllit und Granit und den Standorteinheiten 101, 102, 312 und 313 (Karten 6 und 7) genommen wurden:

Statistik über alle Proben:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
160	8.5937500	2.6824010	3.5000000	18.0000000

Statistik für hohe und niedrige Streuintensität:

Streuintensität gering:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
80	7.8000000	2.1291527	3.5000000	13.7500000

Streuintensität hoch:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
80	9.3875000	2.9448786	4.5000000	18.0000000

Statistik für das geologische Ausgangsgestein:

Phyllit:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
80	7.2187500	1.6535419	3.5000000	12.0000000

Granit:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
80	9.9687500	2.8139500	4.5000000	18.0000000

Statistik für die verschiedenen Standorteinheiten:

Standorteinheit 101:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
40	10.7625000	2.9935561	5.0000000	18.0000000

Standorteinheit 102:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
40	9.1750000	2.4053892	4.5000000	16.5000000

Standorteinheit 312:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
40	6.4750000	1.4192360	3.5000000	9.0000000

Standorteinheit 313:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
40	7.9625000	1.5458277	4.0000000	12.0000000

Statistisch signifikante Unterschiede (T tests (LSD), Duncan's Multiple Range Test, Scheffe's Test) in der Humusstärke bestehen für folgende Kombinationen:

(unterschiedliche Buchstaben in der Gruppierung bedeuten: signifikanter Unterschied!)

1. zwischen den Intensitäten der Streuentnahmen

Die Humusstärke ist bei einer hohen Streuintensität ausgeprägter als bei einer niedrigen Streuintensität!

Gruppierung	Mittelwert	N (Anzahl Proben)	Streuintensität/Biomasseentnahme
A	9.3875	80	h
B	7.8000	80	g

2. zwischen den verschiedenen geologischen Ausgangsgesteinen Phyllit und Granit:

Gruppierung	Mittelwert	N (Anzahl Proben)	geol. Ausgangsgestein
A	9.9688	80	G
B	7.2188	80	P

2. a Innerhalb des geologischen Ausgangsgesteins zwischen hoher und geringer Streuintensität:

Phyllit:

Gruppierung	Mittelwert	N (Anzahl Proben)	Streuintensität/Biomasseentnahme
A	7.9625	40	313
B	6.4750	40	312

Granit:

Gruppierung	Mittelwert	N (Anzahl Proben)	Streuintensität/Biomasseentnahme
A	10.7625	40	101
B	9.1750	40	102

3. zwischen den verschiedenen Standorteinheiten:

Gruppierung	Mittelwert	N (Anzahl Proben)	Standorteinheit
A	10.7625	40	101
B	9.1750	40	102
C	7.9625	40	313
D	6.4750	40	312

(Lediglich beim Scheffe's Test besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Standorteinheit 102 und 313!)

Ein signifikanter Unterschied zwischen der Humusstärke der verschiedenen Bestandesalter konnte nicht festgestellt werden!

3. 12. 3 Chemische Bodenanalyse

Die Analyse der gewonnenen Bodenproben in Göttingen ergab Folgendes:

- pH-Wert

Der pH-Wert wurde für die drei Humusproben (Ol, Of, Oh) und die Mineralbodenproben bestimmt. Die durchschnittlichen pH-Werte auf den verschiedenen Ausgangsgesteinen gibt Tabelle 47 wieder, ihren Verlauf vom obersten Humushorizont bis in den Mineralboden zeigt Diagramm 8.

Durchschnittlicher pH-Wert	Probentiefe							
	Ol	Of	Oh	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	30 - 50 cm	50 - 70 cm
Phyllit								
pH-H ₂ O	4,32	4,41	3,83	3,95	4,24	4,29	4,34	4,46
Stand.-Abw.	0,21	0,63	0,26	0,12	0,12	0,08	0,09	0,03
pH-CaCl ₂	3,59	3,54	3,02	3,35	3,97	4,10	4,13	4,08
Stand.-Abw.	0,23	0,71	0,27	0,09	0,08	0,10	0,09	0,13
Granit								
pH-H ₂ O	4,43	4,28	3,87	4,21	4,27	4,31	4,30	3,72
Stand.-Abw.	0,24	0,56	0,43	0,43	0,26	0,23	0,20	1,54
pH-CaCl ₂	3,77	3,46	3,08	3,45	3,56	3,81	3,98	3,67
Stand.-Abw.	0,28	0,64	0,45	0,47	0,90	0,41	0,19	1,27
Gneis								
pH-H ₂ O	4,34	3,96	3,54	3,78	4,43	4,4	4,35	4,32
pH-CaCl ₂	3,8	3,08	2,72	3,25	4,05	4,23	4,16	4,12

Tabelle 47: pH-Werte der Bodenproben in unterschiedlichen Tiefen

Der niedrigste pH-Wert mit 2,64 (CaCl₂) liegt im Humushorizont des Probenpunktes 40, der höchste mit 5,02 (CaCl₂) im Of-Horizont des Probenpunktes 37 (Karten 7 und 31). Der niedrigste pH-Wert (H₂O) liegt mit 3,41 im Humushorizont von Probenpunkt 34, der höchste mit 5,65 im Of-Horizont des Probenpunktes 37 (Karten 7 und 31).

In Diagramm 12 sieht man deutlich, daß der pH-Wert zum Oh-Horizont hin abfällt und im Mineralbodenhorizont wieder ansteigt. Ein Unterschied im pH-Wert zwischen den stark streugennutzten und den wenig streugennutzten Flächen konnte nicht festgestellt werden.

Diagramm 12

71 KB

Diagramm 12: Verlauf der pH-Werte in den verschiedenen Bodenhorizonten bei unterschiedlichem geologischen Ausgangssubstrat

- Effektive Kationenaustauschkapazität (AKe) und Basensättigung

Mit sinkendem pH-Werten ändert sich auch die Belegung des Austauschers. Aluminium-Ionen sind mit bis zu 96 % (IÄ) (Probenpunkt Nr. 14, Tiefe 50 - 70 cm) die vorherrschenden Ionen am Austauscher (Karten 6, 31 und 41). Nur dort, wo durch Düngung die Basensättigung erhöht wurde, machen sie lediglich noch 41 % (IÄ) der Austauschkapazität aus (Probenpunkt Nr. 32, Tiefe 0 - 10 cm) (Karten 7, 32 und 42).

Die folgenden Karten (Karten 37 bis 46) zeigen die effektive Austauschkapazität und die Basensättigung in den verschiedenen Mineralbodenhorizonten vor dem Hintergrund der Düngung.

Karte 36

45 KB

Karte 36: AKe (mmol_c/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 0 bis 10 cm Tiefe

Karte 37

37 KB

Karte 37: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 10 bis 20 cm Tiefe

Karte 38

37 KB

Karte 38: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 20 bis 30 cm Tiefe

Karte 39

37 KB

Karte 39: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 30 bis 50 cm Tiefe

Karte 40

35 KB

Karte 40: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Grünersberg im Mineralboden von 50 bis 70 cm Tiefe

Karte 41

63 KB

Karte 41: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 0 bis 10 cm Tiefe

Karte 42

59 KB

Karte 42: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 10 bis 20 cm Tiefe

Karte 43

59 KB

Karte 43: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 20 bis 30 cm Tiefe

Karte 44

58 KB

Karte 44: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 30 bis 50 cm Tiefe

Karte 45

56 KB

Karte 45: AKe (mmol IÄ/kg) und Basensättigung (%) im Distrikt Plattenberg im Mineralboden von 50 bis 70 cm Tiefe

Die Basensättigung ist mit 2,2 % in den obersten 10 cm des Mineralbodenhorizontes des Probenpunktes 20 (Phyllit) am geringsten (Karten 30, 32 und 38), in den obersten 10 cm des Mineralbodenhorizontes des Probenpunktes 32 (Granit) dagegen mit fast 35 % am höchsten (Karten 31, 33 und 41). Eine allgemeine Aussage, daß dort, wo gedüngt wurde, die Basensättigung am höchsten ist, kann man nicht machen. Diagramm 13 zeigt die Beziehung zwischen gedüngten Ionen-Äquivalenten und der Basensättigung in den obersten 10 cm des Mineralbodenhorizontes aller Probenpunkte. Der Korrelationskoeffizient r beträgt 0,53 und zeigt somit eine mittelmäßige Korrelation zwischen den gedüngten Ionen-Äquivalenten und der Basensättigung an.

Diagramm 13

27 KB

Diagramm 13: Beziehung zwischen gedüngten Ionen-Äquivalenten und der Basensättigung ($r = 0,53$)

Eine Aussage über den Zeitpunkt der Düngung und eine Beziehung zur Basensättigung läßt sich ebenfalls nicht machen.

- Elementgehalte in der Trockensubstanz

Die Gesamtelementgehalte der Bodenproben (g/kg Trockensubstanz) wurden für jeden Humushorizont und jede Entnahmetiefe aus dem Mineralboden bestimmt. Tabelle 48 und die Diagramme 14 bis 16 zeigen die durchschnittlichen Gesamtelementgehalte der Trockensubstanz der Humushorizonte und des Mineralbodens.

	g/kg Trockensubstanz										
Phyllit	C	N	P	S	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Al
Ol	506,4	14,1	0,7	1,4	0,1	2,0	3,4	0,8	0,4	2,6	3,9
Of	499,9	17,8	0,8	2,2	0,1	1,3	6,7	2,3	0,4	4,7	6,0
Oh	470,4	15,7	0,7	2,1	0,2	2,3	2,6	1,3	0,1	7,0	11,1
0 - 10 cm	31,0	1,6	0,3	0,3	0,3	8,9	0,5	3,7	0,3	33,9	45,0
10 - 20 cm	13,8	1,0	0,3	0,4	0,3	8,6	0,5	4,7	0,3	37,2	47,4
20 - 30 cm	6,5	0,7	0,3	0,5	0,3	8,3	0,6	5,4	0,3	37,6	48,1
30 - 50 cm	3,4	0,6	0,3	0,4	0,3	7,9	0,5	5,8	0,3	36,8	47,5
50 - 70 cm	0,0	0,5	0,3	0,3	0,2	6,5	0,3	7,2	0,2	46,5	55,6
Granit	C	N	P	S	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Al
Ol	513,0	15,2	0,9	1,4	0,1	2,3	4,6	0,6	0,4	1,6	2,1
Of	488,4	19,1	1,0	2,2	0,1	1,2	6,1	1,1	0,3	4,2	5,5
Oh	439,4	15,4	0,7	1,9	0,1	1,3	4,2	0,9	0,1	4,9	7,7
0 - 10 cm	48,1	2,0	0,4	0,3	0,3	4,8	0,6	1,2	0,1	15,4	22,6
10 - 20 cm	25,1	1,1	0,6	0,3	0,3	5,9	0,4	1,9	0,2	21,2	30,3
20 - 30 cm	22,6	1,0	0,9	0,5	0,3	6,4	0,5	2,8	0,2	27,1	37,1
30 - 50 cm	14,5	0,6	0,6	0,4	0,3	7,1	0,6	2,5	0,3	23,6	35,2
50 - 70 cm	11,4	0,3	0,3	0,3	0,3	6,8	0,3	1,3	0,2	17,0	34,8
Gneis	C	N	P	S	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Al
Ol	493,0	15,4	1,0	1,5	0,1	2,4	3,9	0,7	1,2	1,9	2,7
Of	503,1	18,9	0,9	2,2	0,1	1,1	2,8	0,5	0,5	3,3	4,2
Oh	489,9	16,3	0,6	2,2	0,1	1,0	2,3	0,4	0,1	4,1	5,8
0 - 10 cm	64,7	2,0	0,4	0,3	0,2	4,4	0,4	1,4	0,3	18,3	26,7
10 - 20 cm	15,4	0,8	0,3	0,2	0,2	5,0	0,4	1,7	0,7	18,7	30,6
20 - 30 cm	12,1	0,7	0,5	0,6	0,3	6,5	0,5	2,9	0,5	26,0	43,7
30 - 50 cm	4,4	0,4	0,4	0,4	0,3	7,0	0,5	3,3	0,4	22,7	39,2
50 - 70 cm	0,0	0,0	0,5	0,5	0,3	7,5	0,6	4,0	0,4	26,2	42,5

Tabelle 48: Durchschnittliche Elementgehalte der Trockensubstanz in den verschiedenen Beprobungstiefen auf den unterschiedlichen Ausgangsgesteinen

Diagramm 14

67 KB

Diagramm 14: Elementgehalte in der Trockensubstanz in den verschiedenen Bodentiefen auf Phyllit

Diagramm 15

80 KB

Diagramm 15: Elementgehalte in der Trockensubstanz in den verschiedenen Bodentiefen auf Granit

Diagramm 16

72 KB

Diagramm 16: Elementgehalte in der Trockensubstanz in den verschiedenen Bodentiefen auf Gneis

In Tabelle 48 und den Diagrammen 14 bis 16 erkennt man deutlich, daß der Anteil des Kohlenstoffes und Stickstoffes im Humus sehr hoch ist und erwartungsgemäß im Mineralbodenhorizont stark abnimmt. Der Anteil von Aluminium und Eisen dagegen nimmt im Mineralboden stark zu. Schwefel ist im Humus sehr viel stärker vertreten als im Mineralboden, ebenso Calcium. Die Anteile von Natrium, Kalium und Magnesium an der Trockensubstanz sind dagegen im Mineralboden höher als im Humus. Aluminium und Eisen erreichen auf Phyllit mit über 55 bzw. 46 g/kg Trockensubstanz die höchsten Werte. Die geringsten Aluminium- und Eisenwerte finden sich auf Granit.

3. 12. 4 Statistische Auswertung der Analyseergebnisse

Das Verhältnis verschiedener Elemente zueinander gibt Auskunft über bestimmte chemische Eigenschaften des Bodens. So zeigt etwa das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C/N-Verhältnis) an, wie gut die organische Substanz im Boden abgebaut werden kann. Weitere wichtige Kenngrößen sind das Verhältnis Kohlenstoff zu Phosphor (C/P-Verhältnis) und das Verhältnis Kohlenstoff zu Schwefel (C/S-Verhältnis).

Für jede Humusprobe wurden deshalb die Verhältnisse C/N, C/P und C/S bestimmt. Anschließend wurde untersucht, ob sich diese Verhältnisse bei stark streugennutzten und wenig streugennutzten Böden unterscheiden (siehe Tabelle 49). Hierzu wurde ebenfalls die Prozedur ANOVA der Statistik Software SAS verwendet.

Allgemein	C/N	C/P	C/S
Ol	-	-	-
Of	-	-	-
Oh	-	-	-
Phyllit			
Ol	-	X	-
Of	-	-	-
Oh	-	-	-
Granit			
Ol	-	-	-
Of	X	-	-
Oh	-	-	-

- kein signifikanter Unterschied zwischen stark und gering streugennutzten Böden
X signifikanter Unterschied zwischen stark und gering streugennutzten Böden

Tabelle 49: Unterschiede im C/N-, C/P- und C/S-Verhältnis der Bodenproben auf unterschiedlich stark streugennutzten Böden

Signifikante Unterschiede zwischen stark und gering streugennutzten Böden gibt es, wie Tabelle 49 zeigt, nur im C/P-Verhältnis auf Phyllit im Ol-Horizont und im C/N-Verhältnis auf Granit im Of-Horizont. Ein allgemeiner Unterschied zwischen stark streugennutzten und weniger stark streugennutzten Böden konnte nicht festgestellt werden.

Im Folgenden sind die Statistiken der Bodenproben angeführt, für die signifikante Unterschiede festgestellt wurden.

Statistik für das C/N-Verhältnis auf Granit nach der Höhe der Streuintensität / Biomasseentnahme

Of-Horizont:

Streuintensität gering:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
10	24.9700000	1.4158233	23.4000000	27.5000000

Streuintensität hoch:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
10	26.1700000	0.7972871	25.0000000	27.3000000

Gruppierung	Mittelwert	N (Anzahl Proben)	Streuintensität / Biomasseentnahme
A	26.1700	10	h
B	24.9700	10	g

Statistik für das C/P-Verhältnis auf Phyllit nach der Höhe der Steuintensität / Biomasseentnahme

Ol-Horizont

Streuintensität gering:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
10	653.9200000	48.5998583	557.1000000	741.3000000

Streuintensität hoch:

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
10	600.8400000	42.1087534	558.5000000	673.1000000

Gruppierung	Mittelwert	N (Anzahl Proben)	Streuintensität / Biomasseentnahme
A	653.92	10	g
B	600.84	10	h

3. 13 Bodenproben aus dem Jahre 1960

Im Jahre 1960 wurden im Forstamt Wunsiedel Bodenproben genommen und vom landwirtschaftlichen Untersuchungsamt in Würzburg untersucht. Es wurden der pH-Wert und die Menge an K_2O , P_2O_3 und Mg in 100 g Boden bestimmt. Aufgrund der Karte aus dem Jahre 1954 und den genauen Ortsbezeichnungen in den Unterlagen, lassen sich die damaligen Probenorte wiederfinden.

Die Karten 46 und 47 zeigen die Lage der Probenpunkte, die teils in der Nähe der Probenpunkte aus dem Jahre 1995 liegen, teils in anderen Abteilungen und Distrikten. Tabelle 50 zeigt die Flächenart (Wald, Wildacker, Pflanzgarten), die genaue Lage der Flächen und die Ergebnisse der chemischen Untersuchung.

Karte 46

40 KB

Karte 46: Lage der Probenpunkte von 1960 (punktförmig) und 1995 (sternförmig) im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes

Karte 47

41 KB

Karte 47: Lage der Probenpunkte von 1960 (punktförmig) und 1995 (sternförmig) im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes

		Distrikt	Abteilung	U. Abt.	Hilfsfläche	Horizont	pH	Ca	K	Mg	P
								1 % NH ₄ Cl Ausz.			1 % Zitr. Ausz.
							KCl	mmol/kg			
Pflanzgarten	1	I	1	c	0	B	4,0		0,44	0,29	0,00
Pflanzgarten	2	I	6	b	3		7,1		2,13	1,65	5,48
Wald	3	II	10	c	0	A	3,5	0,65	1,69	1,07	0,32
	3	II	10	c	0	B	3,8	0,45	1,28	0,37	0,42
	3	II	10	c	0	C	4,0	0,23	0,85	1,28	0,42
Wald	4	II	10	c	1	A	4,5	25,00	1,28	1,81	0,42
	4	II	10	c	1	B	4,0	6,60	0,85	1,23	0,29
	4	II	10	c	1	C	4,0	6,95	0,95	1,11	0,35
Wildacker	5	II	11	d	1		6,0		1,08		0,71
Wald	6	II	17	d		A	4,4	21,78	1,08	9,47	0,87
	6	II	17	d		B	3,8	3,75	0,85	1,81	0,65
	6	II	17	d		C	3,8	1,78	0,95	1,40	0,35
Wildacker	7	III	7	b	8		7,2		4,46		3,65
Pflanzgarten	8	III	6	c	5		5,2		3,21	2,06	1,55
Wildacker	8	III	6	c	5		5,3		1,69		0,55
Wildacker	9	III	6	d	5		6,6		1,28		1,68
Wildacker	10	III	3	b	4		6,6		5,10		0,42
Pflanzgarten	11	III	17	a	5		7,1		2,56	2,06	2,10
Pflanzgarten	12	IV	5				6,3		1,28	3,05	0,84
Wildacker	13	IV	11	a	6		5,2		2,33		5,19

Tabelle 50: Orte der Probenpunkte von 1960 und Ergebnisse der chemischen Analyse (nach FA Wunsiedel, Düngeordner, in mmol/kg umgerechnet)

3. 14 Fehlerrechnung

Auf eine Fehlerrechnung wurde verzichtet, da die Angaben zur Biomasseentnahme im Rahmen dieser Untersuchung von Anfang an nur auf eine Abteilung bezogen wurden. Die genaue Fläche der Biomasseentnahme läßt sich auch bei Zuordnung der Biomassedaten auf eine Unterabteilung, wie es durch die Angaben in den Akten teilweise möglich gewesen wäre, ebenfalls nur sehr ungenau angeben.

Tatsächlich fand die Biomasseentnahme auf sehr viel kleineren Flächen als auf Abteilungsebene statt. Dies gilt vor allem für die Streunutzung. Die Mengen, die auf einem ha gereicht wurden, variieren von 14,6 bis 87,6 m³/ha (STABA, K 403 II, Nr. 64). Das bedeutet, daß bei einer Unterabteilungsgröße von 8 ha und einer Entnahmemenge von 100 m³ entweder im

Bereich der gesamten Unterabteilungsfläche oder nur auf einer Fläche von etwas mehr als einem ha Streu hätte gerecht werden können.

Die Fehlerangaben zu den anderen Einflußfaktoren auf den heutigen Bodenzustand (Deposition, Verwitterung, Auswaschung, Düngung) lassen sich ebenfalls nur äußerst grob bestimmen, da die Annahmen für diese Modelle mit großen Fehlern behaftet sind. Daher wurde auch hier auf eine Fehlerrechnung verzichtet.

4 Diskussion

4. 1 Entstehung und Entwicklung der Abteilungen, Veränderungen der Abteilungsgrenzen

Die historische Waldnutzung läßt sich im Fichtelgebirge etwa zurück bis zum Jahr 1800 flächengenau, d. h. bis auf Abteilungsebene (16 bis 113 ha), bestimmen. Für die Zeit vor 1800 sind die Karten und Ortsbezeichnungen zu unpräzise.

Erst in den Karten ab 1827 (siehe Abbildung 7 und Karte 8) findet sich eine Aufteilung des Waldes in Distrikte, Abteilungen und Unterabteilungen. Allerdings wird eine systematische Bezeichnung in den Karten und Akten erst ab 1846 verwendet. In den Karten von 1873 werden Unterflächen eingeführt. Diese Aufteilung bleibt bis zu den heutigen Karten von 1992 erhalten (Karten 11 bis 18, Abbildungen 10 bis 16).

Beim Vergleich der Grenzen der Distrikte und Abteilungen von 1798 bis 1992 sieht man deutliche Unterschiede in deren Verlauf (vergleiche Karten 7 (Tröstau 1798) bis Karte 16 (Tröstau 1992) und Karte 17). Die Abteilungsgrenzen haben sich teilweise stark verändert, teilweise aber auch nur geringfügig verschoben. Bei den größeren Abweichungen kann man davon ausgehen, daß die Grenzen der Abteilungen tatsächlich anders verlaufen sind, denn solch deutliche Abweichungen sind etwa durch Digitalisierungsfehler nicht zu erklären. Anders ist dies bei den kleineren Abweichungen. Hier muß man zwei Fälle unterscheiden. Erstens, die Abweichungen sind durch Veränderungen der Abteilungsgrenzen begründet, etwa wenn ein Weg ausgebaut oder eine Schneise begradigt wurde. Zweitens, bei den Abweichungen handelt es sich um Ungenauigkeiten der Karten oder Digitalisierungsfehler. Ungenauigkeiten der Karten können durch die Vermessungsmethode oder durch die Übertragung der Vermessungsergebnisse auf die Karte begründet sein. Digitalisierungsfehler resultieren aus dem Maßstab, in dem digitalisiert wurde. Die älteren Karten vor 1932 wurden vom Digitalisieretablett im Maßstab 1 : 25000 digitalisiert. Da einige Karten in einem kleineren Maßstab vorlagen und auf den Maßstab 1 : 25000 per Photokopierer vergrößert wurden, konnte es hierbei zu Verzerrungen kommen, die beim Digitalisieren nicht alle ausgeglichen werden konnten. Ein Einscannen, anschließendes Vergrößern, Digitalisieren und Georeferenzieren konnte bei diesen Karten nicht vorgenommen werden, da zu jenem Zeitpunkt an der GSF kein Scanner vorhanden war.

Die Karten ab 1932 wurden im Maßstab 1 : 10000 digitalisiert. Hier wurde zuerst die Karte von 1992 digitalisiert und anschließend nur die Veränderungen in den Grenzen von der jüngeren zur älteren Karte eingearbeitet. Dadurch wurden bei diesen jüngeren Karten Digitalisierungsfehler vermieden, die durch die normalen Toleranzen beim Digitalisieren entstehen. Die Karten vor 1932 wurden im Vergleich dazu fast alle einzeln digitalisiert. Deshalb spielen in diesem Fall die normalen Toleranzen beim Digitalisieren wohl eine größere Rolle. Insgesamt kann man davon ausgehen, daß geringfügige Unterschiede im Verlauf der Abteilungsgrenzen bei den älteren Karten auch auf Digitalisierungsfehler zurückzuführen sind. Geringe Abweichungen bei den jüngeren Karten dagegen sind durch Veränderungen in den Abteilungsgrenzen zu erklären, da Digitalisierungsfehler weitgehend vermieden wurden.

Trotz etwaiger Übertragungs- und Digitalisierungsfehler läßt sich aber die Entwicklung und Veränderung der Abteilungen von 1798 bis 1992 gut verfolgen. Besonders deutlich wird diese Entwicklung bei den Abbildungen 4, 5, 7 und 9 bis 16 der Karten, die mit Hilfe eines später zur Verfügung stehenden Scanners eingescannt werden konnten.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß für die vorliegende Untersuchung über die Biomasseentnahme die kleineren Fehler, die beim Digitalisieren auftraten, im Maßstab 1 : 25000 keine große Rolle spielen.

4. 2 Altersklassentabellen, Baumarten und Wuchsleistung

Die Altersklassentabelle von 1798 (Diagramm 8) scheint auf den ersten Blick relativ ausgeglichen zu sein. Aufgrund der unterschiedlichen Klassifizierungsbreiten (24, 15, 30 Jahre und unbekannt) besitzt die Altersklassenstruktur jedoch ein deutliches Maximum bei den mittelalten Beständen von 25 bis 40 Jahren. Fast 50 Jahre später (1845/46) können genauere Angaben über die Altersklassenverteilung gemacht werden, da die Daten jetzt für jede Unterabteilung vorliegen (Diagramm 9). Von den vormals 25 bis 40-jährigen Beständen, die im Jahre 1798 zusammen etwa 600 ha ausmachten, und im Jahre 1846 zwischen 73 und 86 Jahren alt hätten sein müssen, sind etwa 400 ha übriggeblieben. Berücksichtigen muß man hierbei außerdem noch, daß das Untersuchungsgebiet durch den Distrikt Grünersberg erweitert wurde und Flächen dieser Altersklasse noch hinzugekommen sein könnten. Im Jahre 1846 überwiegen die jüngeren Altersklassen bis 20 Jahre. Die Bestände über 70 Jahre sind von etwa 500 ha im Jahre 1798 auf 425 ha im Jahre 1846 zurückgegangen.

Von 1798 bis 1846 ist die absolute Fläche der Lohen ebenfalls zurückgegangen. Von etwa 120 ha im Jahre 1798 sind nur 24 ha übriggeblieben. Ein Teil der Lohen wird jetzt als Lohbestand ausgewiesen und hat eine Größe von 49 ha.

Aus den oben genannten Angaben kann man erkennen, daß die Bestände schon relativ jung genutzt wurden. Wie aus Diagramm 7 hervorgeht, wurden die Bestände hauptsächlich als Scheit- und Prügelholz, also Brennholz, genutzt. Für diesen Verwendungszweck mußte das Holz keine starken Dimensionen haben. Weiterhin ist zu erkennen, daß die Lohen langsam umgebaut wurden zu „normalen“ Beständen. Leider gibt es in beiden Altersklassentabellen keine Angaben über die Baumartenzusammensetzung. Diese wird zum ersten Mal 64 Jahre später, im Jahre 1910, angegeben (Diagramm 10). Die Altersklassenverteilung aus diesem Jahr zeigt, daß die vorherrschenden Altersklassen aus dem Jahre 1846 (0 bis 20 Jahre) auch jetzt immer noch vorherrschen (70 bis 90 Jahre). Zudem sind Bestände dabei, die älter als 140 Jahre alt sind. In Diagramm 7 ist für das Jahr 1910 zwar keine Stammholznutzung ausgewiesen, aus den vorherigen und nachfolgenden Jahren läßt sich jedoch erkennen, daß die Stammholznutzung zugenommen hat. Dies erklärt auch die höheren Altersklassen. Vorherrschend ist im Jahre 1910 die Fichte, und zwar in jeder Altersklasse. Die Kiefer (Forche) ist in den mittleren Altersklassen stärker vertreten, die Tanne in den älteren Altersklassen. Worauf der Rückgang der Tanne zurückzuführen ist, läßt sich nicht eindeutig klären. Viele ältere Bestände mit Tannenanteil, die abgeholzt wurden, wurden als reine Fichtenbestände neu begründet. In einer Mitteilung der Forstamtsaussonstelle Grötschenreuth vom 27. August 1930 (FE Werk Wunsiedel, 1932), in der über den vergangenen Forsteinrichtungszeitraum von 1897 bis 1930 berichtet wird, heißt es: „Die Tanne ist allorts

vertreten. Das Tannensterben ist in allen Altersstufen zu bemerken. Natürliche Verjüngung ist möglich, die künstlich eingebrachten Tannenhorste sind zum grossen Teil schlechtwüchsig und rückgängig, ... Da sich Holzhandel und Sägeindustrie bei Holzkäufen immer an dem Tannenanteil stossen, wegen der schlechten Verwertungsmöglichkeit, wird der Tanne wohl ein bedeutend geringerer Anteil der Bestockung eingeräumt werden müssen als bisher.“ Es dürfte sich also beim Tannenrückgang sowohl um einen natürlichen als auch um einen gewollten Rückgang handeln. Gründe für das Tannensterben werden nicht angeführt, hingegen die Art der Verjüngung, welche eventuell Rückschlüsse auf den Erfolg der künstlichen Verjüngung geben kann.

Die künstliche Verjüngung wurde bis zum Jahr 1903 durch Saat eingeleitet (Fichte, Fohre) oder es wurden „Bucheln“ eingebracht. Im Jahre 1915 wurden 100 kg und 1927 15 kg Tannensamen verwendet. Die Pflanzung der Tanne begann 1905. Das Ausmaß dieser Pflanzung dürfte aber sehr gering gewesen sein, denn sonst müßte die Tanne in der Altersklasse von 0 bis 10 Jahre vertreten sein, was sie aber laut Diagramm 10 nicht ist. Ob die Saat der Tanne in den Jahren 1915 und 1927 erfolgreich war, läßt sich im Rahmen dieser Untersuchung nicht beurteilen. Dazu müßte man die Flächen aus den Kulturbüchern ermitteln und die damalige Baumartenzusammensetzung mit den heutigen Baumarten an diesen Standorten vergleichen.

Weitere Nadelbaumarten, die im Forsteinrichtungswerk des Forstamtes Wunsiedel von 1932 erwähnt werden, sind Douglasie und Lärche. Als Laubbaumarten werden Buche, die „in allen Beständen“ vorkommt, Ahorn, Erle, Aspe, Birke und Vogelbeere genannt. In der Altersklassentabelle sind diese Baumarten aber nicht aufgeführt. Ihr Anteil ist wahrscheinlich zu gering.

Betrachten wir die heutige Baumartenzusammensetzung (Diagramm 3), so ist der Anteil der Tanne weiter zurückgegangen. Dagegen beträgt der Anteil des Laubholzes im Jahre 1998 nahezu 10 %.

4.3 Historische Waldnutzung

In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, daß die historische Nutzung des Waldes, und hier insbesondere die Streunutzung und die Holzernte, in ihrer Intensität stark variierte. Innerhalb eines Forstamtes oder Reviers gab es Flächen, auf denen mehr Holz geschlagen oder mehr Streu gereicht wurde als auf anderen Flächen. Man kann hier von einem Muster in der Nutzung sprechen (siehe Karten 19 und 20).

Auch die zeitliche Aufteilung der Nutzungen zeigt, daß Streu- und Holznutzung nicht gleichmäßig stattgefunden haben. Während die Holznutzung mehr oder weniger stetig zugenommen hat, gab es bei der Streunutzung Zeiten mit hoher (um 1835, 1893 und 1920) und geringer Intensität (1845 bis 1885) (siehe Diagramme 5 und 6).

- Zuordnung der Biomasseentnahme

Die Angaben zur Biomassenutzung wurden nur auf ganze Abteilungen bezogen. Dies geschah, da für die ersten Jahre des Untersuchungszeitraumes keine Daten für die Unterabteilungen vorlagen oder die entsprechenden genauen Karten fehlten. Zum anderen sollte der Aufwand des Digitalisierens und Zuordnens der Biomasseentnahme im Rahmen gehalten werden, wie folgendes Rechenbeispiel verdeutlicht.

Unter der Annahme, daß von 1815 bis 1950 (135 Jahre) im Durchschnitt 50 Abteilungen bestanden haben, ergeben sich für die Zuordnung der Streudaten 6750 Einzeldaten. Berücksichtigt man, daß die Streu aufgeteilt war in die verschiedenen Streuarten (im Durchschnitt vier), so ergeben sich 27000 Daten für die Streu. Wären alle Daten den Unterabteilungen zugeordnet worden, so hätten sich bei durchschnittlich vier Unterabteilungen mehr als 100000 Einzeldaten ergeben. Bei der Holznutzung, die unterteilt war in die verschiedenen Holzsortimente und häufig auch noch in Vor- und Endnutzung, ergaben sich von 1815 bis 1990 ca. 60000 Daten. Hätte man hier ebenfalls die Unterabteilungen berücksichtigt, so hätten an die 250000 Einzeldaten verrechnet werden müssen.

Durch die Zuordnung der Biomasseentnahme auf ganze Abteilungen kommt es, wie bereits im Kapitel 3. 12 Fehlerrechnung ausgeführt, zu Ungenauigkeiten in der Berechnung der Biomasseentnahme. Dieser zuordnungsbedingte Fehler findet aber nur innerhalb einer Abteilung statt. Daher kann die Höhe der Biomasseentnahme nur innerhalb einer Abteilung variieren.

Die Frage, warum beispielsweise gerade in der Abteilung Seilerschlag die Biomasseentnahme höher war als in anderen Abteilungen, läßt sich bei der Holzentnahme folgendermaßen erklären. Es wurde nur die Holzentnahme berücksichtigt, die innerhalb von 175 Jahren vorgenommen wurde. Dies sind weniger als zwei Umtriebszeiten (in der Regel $u = 96$ Jahre). Eine Fläche, welche nach 1990 in die Endnutzung gekommen ist, kann im Untersuchungszeitraum nur einmal eine Endnutzung und somit einen sehr starken Biomasseexport erfahren haben. Voraussetzung hierbei ist, daß die Umtriebszeit größer war als $87,5$ ($175/2$) Jahre. Flächen mit höherem Biomasseexport dagegen können schon zweimal in der Endnutzung gewesen sein. Betrachten wir noch die Wuchsleistung in Karte 22, so können wir eine weitere Erklärung für unterschiedlichen Biomasseexport finden. Auf den Flächen, auf denen der Zuwachs gering ist, kann auch nur wenig Holz geerntet werden. Höherer Zuwachs bedeutet dagegen eine höhere Holzernte und somit eine höhere Biomasseentnahme.

Bei der Streuentnahme kann man ebenfalls verschiedene Erklärungen für die unterschiedlich hohe Biomasseentnahme finden. Streu wurde dort entnommen, wo die Fläche gut erreichbar war und man in möglichst kurzer Zeit sehr viel Streu zusammenrechnen konnte. Bei den verkehrstechnischen Mitteln, die den Streuberechtigten im vorigen Jahrhundert zur Verfügung standen (Ochsenkarren, Schubkarren) war eine gute Erreichbarkeit sicherlich ausschlaggebend für die Wahl des Gebietes zur Streuentnahme. Schlecht erreichbare Flächen und Flächen mit geringem Streuaufkommen schieden von vornherein aus. Auch war der Bedarf an Streu im Fichtelgebirge nicht so hoch, als daß man jede Möglichkeit der Streunutzung hätte wahrnehmen müssen (FA Wunsiedel, 20/2 bzw. 20/32). Auch dies ließ eine Auswahl der Streuflächen zu.

Des Weiteren wurden Flächen durch ihr Alter und ihre Nutzung ausgewählt. Hatte ein Bestand die Hälfte der Umtriebszeit ($u/2$) überschritten, so konnte diese Fläche gereicht werden. Kam ein Bestand in die Endnutzung, so durfte dieser nur bis fünf Jahre vor der Hiebsmaßnahme gereicht werden (STABA, FA Selb, Rentverwaltung 6 Ämter). Weiterhin wurde Aststreu in den Beständen gesammelt, die gerade abgetrieben wurden.

- Genauigkeit der Mengenangaben

Stellt man sich die Frage, wie genau die Mengenangaben in den alten Akten den tatsächlich entnommenen Mengen entsprechen, so muß man Folgendes unterscheiden:

Wie aus den Unterlagen des Staatsarchivs und des Forstamtes Wunsiedel hervorgeht, wollten die Streuempfänger möglichst große Mengen an Streu dem Wald entnehmen, während die Obrigkeit, d. h. das Forstpersonal, die Streuentnahme am liebsten völlig untersagt hätte. Wurden also Flächen oder Mengen an Streu zugeteilt, so kann man davon ausgehen, daß sich beide Seiten auf die richtige Menge geeinigt haben. Da die Streu aber sehr oft auf Haufen aufgesetzt wurde und diese schwer in Kubikschuh nachzumessen waren, treten bei der Umrechnung von Haufen in Kubikschuh beziehungsweise Fuder ebenfalls Fehler auf. Hier könnte es bei den vorliegenden Daten durchaus zu einer Über- oder Unterschätzung gekommen sein.

Bei der gesamten Streu- und Holzentnahme bleibt zudem unberücksichtigt, daß sicherlich auch Streu und Holz illegal entnommen wurden, was in den Büchern und Akten nicht auftaucht.

Der Einfluß der Waldweide auf den Bodenzustand wurde in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. GLATZEL (1989) berechnet einen N-Verlust von etwa 0,5 kg/ha/a pro Großvieheinheit durch die Waldweide. Zwar hat im Untersuchungsgebiet auch Waldweide stattgefunden, aber in einem viel geringeren Ausmaß, als dies in anderen Revieren des Fichtelgebirges der Fall war. Da außerdem keine Weidepläne vorhanden waren, war eine Quantifizierung des Biomasseexportes durch Waldweide nicht möglich.

4. 4 Versauerung durch Biomasseexport

Die Versauerung, die aus der Biomasseentnahme resultiert, liegt im Untersuchungsgebiet zwischen 0 - 14 und 56 - 74 kmol/ha/175 Jahren (siehe Karte 21). Umgerechnet auf ein Jahr ergibt sich eine maximale Versauerung von 0,35 kmol/ha/a als Durchschnitt für den Untersuchungszeitraum.

Die Versauerung des Bodens wurde aus den Mengen der entnommenen Biomasse und deren Elementgehalt berechnet. Hierbei muß aber berücksichtigt werden, daß die Volumenmaße Fuder oder Festmeter nichts über die Qualität der Streu oder deren Zusammensetzung aussagen. Nadelstreu beispielsweise enthält neben den Nadeln noch Ästchen, Moos und Humus; Moosstreu enthält Nadeln, kleine Zweige, Borkenschuppen und ebenfalls Humus oder Erde. Da in der vorliegenden Arbeit bei den Streuangaben, die aus der Literatur übernommen wurden, von mehr oder weniger reiner Streu ausgegangen wurde, dürften die Elementzusammensetzung der Streu und somit der daraus resultierende Elemententzug ebenfalls ungenau sein.

Für die Holzernte gilt ähnliches. Hier ist die tatsächliche Zusammensetzung des Holzes und der Rinde und somit auch der Entzug, etwa der Aststreu, nicht genau festzulegen. Angaben aus neuerer Literatur konnten für die Untersuchung häufig nicht hinzugezogen werden, da sich deren Elementgehaltsangaben auf eine Flächeneinheit (m² oder ha) bezogen, für die vorliegende Untersuchung jedoch das Gewicht pro Volumeneinheit entscheidend war.

Schließlich wird die Elementzusammensetzung von Streu und Holz auch innerhalb des Untersuchungsgebietes variieren, da die Standortverhältnisse (Boden, Temperatur, Wasser, Nährstoffversorgung) sehr unterschiedlich sind (siehe Karten 3 und 4).

Die Elementzusammensetzung der Streuarten und der Holzkompartimente wurde z. T. aus älterer Literatur übernommen (EBERMAYER, 1876). Auch hier können Fehler auftreten, da nicht genau bekannt ist, ob die Ergebnisse der Analysemethoden den tatsächlichen Elementgehalten entsprechen.

Wie hoch die Elementzusammensetzung in der Biomasse des Untersuchungsgebietes wirklich ist, und wie hoch damit letztendlich die Versauerung, kann nicht angegeben werden. Sie wird sich vermutlich aber nicht sehr von der berechneten Versauerung unterscheiden, da sich der Aschegehalt (die Summe der Kationen von Streu und Holz) nicht wesentlich von dem in der Literatur angegebenen unterscheiden dürfte. Lediglich die Menge des einzelnen Elementes kann größeren Schwankungen unterworfen sein.

Die im Rahmen dieser Untersuchung berechnete Versauerung durch den Biomasseexport von maximal 0,35 kmol/ha/a liegt eher im unteren Bereich der Werte, die in der Literatur angegeben werden. FEGGER (1993) gibt für den Standort Schluchsee im Schwarzwald einen Verlust von durchschnittlich 0,5 kmol IÄ/ha/a für 200 Jahre an. Am Standort Villingen, wo die menschliche Nutzung viel früher einsetzte (ab 1400) als am Standort Schluchsee und zudem sehr intensiv war (Vollbaumnutzung), gibt FEGGER (1993) die Versauerung ebenfalls mit durchschnittlich 0,5 bis 0,6 kmol IÄ/ha/a an. GLATZEL (1989) gibt annähernd die gleichen Werte für die historische Nutzung an.

FEGGER (1993) geht aber davon aus, daß die Holzernte eine Vollbaumnutzung war und die Streu so oft wie möglich (alle 6 Jahre) gereicht wurde. Dies war im Untersuchungsgebiet Tröstau im Fichtelgebirge nicht der Fall. Bei den in dieser Arbeit festgestellten Holz- und Streudaten handelt es sich nicht um Annahmen, sondern um tatsächliche Werte, auch wenn die Entnahme der Aststreu nicht immer angegeben wurde und somit der wirkliche Wert für die Versauerung durch Biomasseentnahme höher liegen muß als der in dieser Arbeit errechnete.

Die Versauerung aufgrund von Biomasseentnahme muß stets im Verhältnis zu der Ausstattung des Ökosystems Wald gesehen werden. Von daher sind die in der Literatur angegebenen Daten nicht unmittelbar vergleichbar, was ihre Auswirkung auf das Ökosystem betrifft. Auf mageren Standorten mit schlechter Ausstattung macht sich bereits eine geringe Biomasseentnahme bemerkbar, während gut ausgestattete Böden eine höhere Biomasseentnahme verkraften können. Unterschiede in der Bodenausstattung gibt es auch innerhalb des Untersuchungsgebietes mit seinen Kuppenlagen (Platte) und seinen Tälern.

Analog zum „Critical Loads-Konzept“ bei der Deposition von Schadstoffen (LENZ et al., 1995) kann man in diesem Zusammenhang von einem „Critical Output“ sprechen. Auf weniger gut versorgten Standorten darf nicht so viel Biomasse entnommen werden wie beispielsweise auf gut versorgten, weil sonst die Elementausstattung des Bodens weiter verschlechtert wird. Im Wald macht sich die unterschiedlich gute Versorgung schon im Zuwachs bemerkbar. So beträgt der Zuwachs im Untersuchungsgebiet in den höheren Kuppellagen um die 3 fm/ha/a (dGz100), während er in den tieferen Lagen bei 7 fm/ha/a (dGz100) liegt. Dementsprechend unterschiedlich ist die Biomasseentnahme durch die Holzernte.

Besonderer Aufmerksamkeit bezüglich der Bodenausstattung bedarf der hohe Steingehalt im Untersuchungsgebiet. Auf Phyllit beträgt er in einer Tiefe von 0 bis 10 cm im Mineralboden

im Durchschnitt 26 %, in tieferen Bereichen mehr als 50 % (vergleiche Tabelle 16). Auf Granit ist der Steingehalt noch höher. Hier liegt er in den oberen 10 cm des Mineralbodens durchschnittlich bei 36 %, in tieferen Bodenbereichen erreicht er 90 %. Oft liegen große Granitblöcke vor, so daß der eigentliche Wurzelbereich für die Waldbäume auf wenige Spalten beschränkt ist. Wurden aus einem Waldstück beispielsweise 100 Raummeter Streu pro ha entnommen, so sind dies 100 Raummeter Streu pro steinfreie Fläche. Aufgrund des hohen Steingehaltes können die tatsächlichen Auswirkungen dieser Streuentnahme auf den Boden jedoch leicht das Doppelte oder mehr der berechneten Mengen erreichen.

Die Versauerung des Bodens wurde in dieser Arbeit als unmittelbare Wirkung des Biomasseexportes berechnet. Unberücksichtigt blieb jedoch die Tatsache, daß Protonen bereits beim Aufbau von Biomasse in den Wurzelbereich abgegeben werden und die Versauerung nicht erst bei der Holzernte stattfindet. Prinzipiell hätte man also noch die Masse der Bestände, aus denen die Bodenproben entnommen wurden, bestimmen und die entsprechenden Ionen-Äquivalente der Elementgehalte zur Versauerung hinzurechnen müssen.

Die bisher in der Literatur veröffentlichten Stoffbilanzen, bei denen die historische Waldnutzung berücksichtigt wurde (FEGGER, 1993; KREUTZER, 1972, 1979; MALESSA, 1995; GLATZEL, 1989a), bezogen sich nur auf einen oder wenige Bestände, die miteinander verglichen wurden. Regionale Muster blieben unberücksichtigt. In allen Fällen wurde die Biomasseentnahme nur geschätzt, ihre tatsächliche Höhe nicht ermittelt. In der vorliegenden Arbeit wurde erstmals die Biomasseentnahme auf einen regionalen Maßstab bezogen und ein Muster in der Landnutzung nachgewiesen.

4. 5 Düngung

Seit 1948 wurden die Waldbestände im Fichtelgebirge gedüngt. Auch hier ergibt sich ein Muster zwischen gedüngten und ungedüngten Flächen. Die maximale Düngermenge im Untersuchungsgebiet liegt bei über 200 kmol IÄ/ha in den Jahren 1948 bis 1990 (siehe Karten 23 und 24).

Die Zuordnung der Düngerarten und -mengen zu den Flächen war der im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen am besten zu bestimmende Einflußfaktor auf den Bodenzustand. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Karten war die Fläche, auf der gedüngt wurde, sehr genau festzustellen. Auch die Zusammensetzung des Düngers ließ sich exakt bestimmen. Anders verhält es sich mit der tatsächlich ausgebrachten Menge. Hier stimmten die Angaben aus dem Düngeordner des Forstamtes Wunsiedel nicht immer mit den Angaben auf den Karten überein. Auch waren nicht alle Düngergaben dokumentiert. Viele Düngungen wurden in Pflanzgärten vorgenommen, deren Lage jedoch fast nie in einer Karte eingetragen wurde.

Die Analyseergebnisse der Bodenproben zeigen, daß der Unterschied in der Bodenausstattung zwischen gedüngten und ungedüngten Flächen gering war (siehe Diagramm 13). Der Korrelationskoeffizient von 0,5 weist auf eine mäßige Korrelation zwischen der Bodenausstattung und der Düngermenge hin. Dies kann verschiedene Ursachen haben. Die Dünger, die vor mehreren Jahren ausgebracht wurden, sind von der Vegetation schon aufgenommen worden oder sie wurden bereits wieder ausgewaschen. Daher ist eine Korrelation zwischen gedüngten Flächen und einer guten Bodenausstattung nur dort zu erwarten, wo in den letzten Jahren ge-

düngt wurde. Aber auch hier kommt es nicht immer zu guten Übereinstimmungen, was, wie oben schon diskutiert, auf einen Unterschied zwischen den tatsächlichen Düngungsflächen und –mengen und den dokumentierten Flächen und Mengen liegen kann.

Der Einfluß der Düngung ist also nicht unmittelbar an der Bodenausstattung abzulesen.

4. 6 Deposition, Verwitterung, Auswaschung

Für die Einflußfaktoren Deposition, Verwitterung und Auswaschung wurden einfache Modelle im regionalen Maßstab aufgestellt, um die Faktoren der Versauerung des Bodens durch die Biomasseentnahme vergleichen zu können.

- Deposition

Durch die Deposition, vor allem durch den Nebel, werden große Mengen an Säuren eingetragen. Die aktuellen Höchstmengen, die das Modell berechnet, liegen etwa bei 4,9 kmol IÄ/ha/a, im Durchschnitt sind es 2,7 kmol/ha/a. Für die historische Deposition ergeben sich Durchschnittsmengen von etwa 120 kmol IÄ/ha/175 Jahre oder durchschnittlich 0,7 kmol/ha/a in den letzten 175 Jahren, unter der Annahme, daß 10 % des Staubes aus der Industrie stammen (siehe Karte 26). Beim zweiten Szenario, demzufolge 25 % des Staubes aus der Industrie stammen, sind es 50 kmol IÄ/ha/175 Jahre oder 0,3 kmol/ha/a als Durchschnitt der letzten 175 Jahre (siehe Karte 27).

Die Deposition im Untersuchungsgebiet - aktuelle wie historische - wurde aus drei voneinander als unabhängig betrachteten Depositionsarten (trockene, feuchte und nasse Deposition) bestimmt. Bei keiner dieser drei Depositionsarten konnten jedoch alle Einflußfaktoren berücksichtigt werden, so daß hier Depositionswerte ermittelt wurden, die der tatsächlichen Deposition mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht entsprechen.

So wurde beispielsweise angenommen, daß die trockene Deposition überall im Untersuchungsgebiet gleich hoch ist. Hierbei wurde nicht berücksichtigt, daß die trockene Deposition auch windabhängig ist und dort, wo mehr Wind weht, auch mehr Stoffe deponiert werden. Die tatsächlichen Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet, die aufgrund der Luv- und Lee-Lage und der verschiedenen Bestände sehr unterschiedlich sind, konnten aber im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen in dem strukturiertem Gelände nicht nachvollzogen werden.

Die feuchte Deposition, das ist vor allem der Eintrag von Stoffen durch Nebel, wurde anhand einer Nebelkarte und Konzentrationsangaben im Nebel bestimmt. In dem Standortwerk Wunsiedel (STO-Werk Wunsiedel, 1992) wurde angegeben, daß in den höheren Lagen des Untersuchungsgebietes ein Drittel des Niederschlages durch Nebel eingetragen wird. Ausgehend von dieser Annahme wurde für die höheren Lagen über 800 m üNN ein Niederschlagseintrag durch Nebel von 2 mm pro Nebeltag angenommen. Diese Angabe ist sicherlich zu überprüfen. Ebenso die Annahme, daß in den Lagen unterhalb von 800 m üNN nur die Hälfte, d. h. 1 mm Nebelniederschlag pro Nebeltag, eingetragen wird. Die Nebelkarte ist sehr stark mit der Höhe üNN korreliert. Das tatsächliche Nebelaufkommen ist aber nicht nur von der Höhe üNN abhängig. Luv- und Lee-Lagen, die Himmelsrichtung und das Alter der Bestände spielen ebenfalls eine große Rolle. Auch kann aus den Konzentrationsangaben der Elemente im Nebel, die nur über einen kurzen Zeitraum genommen wurden, nicht auf die Konzentration eines längeren Zeitraumes geschlossen werden.

Bei der nassen Deposition schließlich verhält es sich ähnlich. Auch sie wurde anhand der Höhe üNN festgelegt und die Konzentrationen eines relativ kurzen Zeitraumes als Referenzwert genommen.

Der feuchten und der nassen Deposition wurden zudem vektorielle Karten zugrunde gelegt. Dies bedeutet, daß an einer Grenze zwischen zwei Flächen ein scharfer Übergang besteht. Dieser Übergang existiert in der Natur aber überhaupt nicht oder nur in abgeschwächter Form (Inversionswetterlage).

Die aktuelle Deposition wurde für Altbestände berechnet. Jüngere Bestände mit geringerer Oberfläche filtern im Vergleich dazu weniger Nebel und trockene Deposition aus. Da im Untersuchungsgebiet in den letzten 175 Jahren die Bestände auch jünger waren, somit eine geringere Oberfläche besaßen und weniger Stoffe ausgefiltert wurden, wurde ein Faktor von 0,7 gewählt, um dies zu berücksichtigen. Dieser Faktor wurde, wie im Abschnitt 2. 3. 4. 2 Trockene Deposition erläutert, geschätzt; der tatsächliche Wert kann höher oder niedriger liegen. Letzterer ist abhängig vom Bestandaufbau der letzten 175 Jahre und von der Entwicklung der Bestandesoberfläche, welche unter anderem wieder vom Hiebsverfahren abhängt.

Vergleicht man die aktuellen Depositionswerte des Modells (aktuelle saure Deposition von durchschnittlich 2,7 kmol/ha/a) mit denen aus der Literatur, so liegen die Werte des Modells höher als die Literaturwerte. Berechnet man die Versauerung aus den Angaben von BRECHTEL (1989) als Differenz zwischen dem Protoneneintrag ($H^+ + NH_4^+ = 1,6$ kmol/ha/a Freiland und 2,4 kmol/ha/a Bestand) und dem Eintrag alkalisch wirkender Kationen ($Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} = 1,0$ kmol/ha/a und 2,7 kmol/ha/a), so ergibt sich eine mittlere Versauerung von 0,6 kmol/ha/a für die Freilanddeposition und -0,3 kmol/ha/a für die Bestandesdeposition. Diese Werte gelten für einen Freilandniederschlag von 1000 mm/a und einen Bestandesniederschlag von 677 mm/a und beziehen sich auf das gesamte ehemalige Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Im Fichtelgebirge scheinen die Depositionswerte jedoch höher zu liegen als im Bundesdurchschnitt, denn nach LENZ (1991) sind „...in NO-Bayern und insbesondere im Fichtelgebirgsraum durchschnittliche bis überdurchschnittliche Stoffeinträge, auch gegenüber dem Bundesdurchschnitt zu verzeichnen ...“.

Nach den Daten von ULRICH (1985b) errechnet sich eine Versauerung für den Solling von 0,9 kmol/ha/a, wobei die Deposition von NH_4^+ noch nicht einbezogen ist. Auf den Versuchsstandorten Villingen und Schluchsee errechnen sich nach FEGER (1993) Versauerungen von etwas über 0,25 kmol/ha/a.

Für die Fichtelgebirgsstandorte Oberwarmersteinach und Wülfersreuth errechnen sich nach HANTSCHHEL (in FBWL, 1989, S. 500) Versauerungen von 1,6 und 0,6 kmol/ha/a. Hierbei handelt es sich aber um die 30-jährigen Fichtenjungbestände. In Altbeständen wäre wegen der größeren Oberfläche die Deposition und somit auch die Versauerung größer.

Bei der Ermittlung der historischen Deposition wurde im Rahmen dieser Untersuchung davon ausgegangen, daß bestimmte Stoffe nur aus dem Niederschlag stammen und natürlichen Ursprungs sind (Na, Cl). Es ist jedoch durchaus denkbar, daß diese Stoffe auch anderen Quellen entstammen. Ob dies tatsächlich so ist und war, und welche Mengen hier eine Rolle spielten, läßt sich aber nicht feststellen.

Bei der historischen Deposition wurden zwei Szenarien berechnet, da der tatsächliche Anteil des Staubes, welcher aus der Industrie stammt, nicht bestimmt werden konnte. Bei den zwei Szenarien wurde angenommen, daß der deponierte Staub zu 10 % und zu 25 % aus der Industrie stammt. MEYER-WENKE (1996) schätzt die Beeinflussung der Versuchsflächen in Oberwarmensteinach und Wülfersreuth und somit des Fichtelgebirges mit Staub aus umliegenden Ackerflächen als gering ein. Demnach müßte ein noch höherer Anteil als 25 % des Staubes aus der Industrie stammen.

Die Festlegung eines Faktors von 0,7 für die geringere Alkalinität des Staubes in früherer Zeit beruht auf einer Schätzung. Um wieviel geringer die Alkalinität des Staubes in der Vergangenheit tatsächlich war, wird sich wohl nicht mehr genau bestimmen lassen.

Bei der Bestimmung der historischen Deposition wurde davon ausgegangen, daß nur überregionale Emittenten eine Rolle spielen und die Deposition im Fichtelgebirge proportional zur Emission im übrigen Deutschland war. Zwar gehen SCHULZE et al. (1989) davon aus, daß die Depositionen im Fichtelgebirge dem Trend der Emissionen in Deutschland gefolgt sei und somit lokale Emittenten unberücksichtigt bleiben. SCHRIMPF (1980) zeigt dagegen, daß ein Teil der historischen Deposition im Fichtelgebirge seit Beginn der Industrialisierung aber auch auf lokale Emittenten zurückzuführen ist. Ein Vergleich von Spurenelementen (Zn, Pb, Cd, Cu, Mn) in verschiedenen Jahrgängen im Holz einer 180-jährigen Tanne (1798 - 1978) aus dem Steinachtal (siehe Karte 2) zeigt, daß seit Beginn unseres Jahrhunderts vermehrt Schwermetalle in das Holz eingebaut wurden. Dies läßt auf einen höheren Eintrag dieser Elemente schließen. Wie groß die zeitliche Verzögerung zwischen Eintrag und Einbau ist und welche Ursachen das hat (Aufnahme über Blätter oder Wurzeln, Vordringen der Schwermetalle im Boden), läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen.

Für Zink (Zn) liegt der maximale Einbau bei einem Wert von fast 40 ppm, welcher um 1895 und 1905 erreicht wird. Hierfür scheinen vor allem lokale Ursachen in Frage zu kommen. Blei (Pb) wird ab 1910 vermehrt eingebaut, Cadmium (Cd) schon vor 1900. Letzteres bleibt über viele Jahrzehnte auf gleichem Niveau und steigt erst Ende der 60er Jahre weiter an. Sehr viel Kupfer (Cu) wird zwischen 1810 und 1820 in das Holz eingebaut, danach bleibt der Wert auf einem sehr viel niedrigerem Niveau. Erst um 1970 wird der Wert von 1810 wieder erreicht und überschritten. Mangan (Mn) steigt ab 1815 leicht an, bleibt auf einem mittlerem Niveau mit einem kurzfristigen Rückgang um 1950 und steigt dann kontinuierlich an.

Der erhöhte Eintrag der Spurenelemente hat seine Ursachen teilweise in der industriellen Entwicklung des Steinachtals, es scheinen aber auch großräumige Aspekte eine Rolle zu spielen (SCHRIMPF, 1980).

Diagramm 17

65 KB

Diagramm 17: Einlagerung der Spurenelemente Mangan und Zink in das Holz einer 180-jährigen Weißtanne (*Abies alba*) (nach SCHRIMPF, 1980)

Diagramm 18

71 KB

Diagramm 18: Einlagerung der Spurenelemente Kupfer, Blei und Cadmium in das Holz einer 180-jährigen Weißtanne (*Abies alba*) (nach SCHRIMPF, 1980)

Abschließend sei zu der Deposition im Fichtelgebirge gesagt, daß es außerordentlich schwierig ist, die aktuelle Deposition im Untersuchungsgebiet festzustellen. Das strukturierte Gelände und der unterschiedliche Bestandesaufbau machen dies fast unmöglich. Die Bestimmung der historischen Deposition auf der Grundlage der unsicheren aktuellen Deposition kann daher nur als grobe Schätzung angesehen werden.

- Verwitterung

Die Verwitterung im Untersuchungsgebiet wurde auf Granit mit 0,5 kmol/ha/m/a oder 87,5 kmol IÄ/ha/m/175 Jahre angegeben, auf Kalksilikatfels betrug sie 1,0 kmol/ha/m/a.

Die Elementgehalte der Ausgangsgesteine wurden aus der Literatur übernommen. Die verschiedenen Granitarten (Kösseingranit, Fichtelgebirgs Randgranit etc.) und deren Zusammensetzung wurden im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Man kann davon ausgehen, daß die geologischen Karten aus dem Untersuchungsgebiet nicht jede chemische Zusammensetzung des bodenbildenden Gesteins berücksichtigen. Innerhalb eines Gesteins variiert seine chemische Zusammensetzung, wie die Analyseergebnisse, beispielsweise des Orthogneises, von STETTNER (1958) zeigen.

Die geologischen Karten können – wie alle Karten - in ihrem Maßstab nur abstrahieren. Auch die Übergänge zwischen verschiedenen Gesteinsarten dürften, gerade an Hängen, nicht immer so scharf sein wie in den geologischen Karten angegeben. Die Verwitterungsrate von 0,5 kmol/ha/m/a wurde anhand von Angaben aus der Literatur (LENZ, 1991; SCHEFFER et al., 1984) geschätzt. FEGGER (1993) gibt für den Schwarzwald Silikatverwitterungsraten bzw. Kationenfreisetzungsraten von 1,25 und 0,72 kmol IÄ/ha/a/80 cm Bodentiefe an. Die Kationenfreisetzungsraten setzt sich zusammen aus der Silikatverwitterungsrate und der Freisetzung von Kationen aus organischer Substanz.

Die tatsächliche Höhe der Verwitterung im Untersuchungsgebiet war nicht bekannt und somit auch nicht die dadurch bedingte Nachlieferung an Kationen. Ob die Verwitterung innerhalb des Untersuchungsgebietes auf dem gleichen Ausgangsgestein durch Faktoren wie Temperatur oder Niederschlag variierte, konnte ebenfalls nicht angegeben werden.

- Auswaschung

Die Versauerung durch Auswaschung wurde mit etwas über 300 kmol IÄ/ha/175 Jahre bei einer Tiefe von 0,5 m bzw. 1 m (siehe Karte 29) berechnet. ULRICH (1991) berechnet eine Versauerung durch Auswaschung (Mb – Ma-Kationen) von etwa 100 kmol IÄ/ha in 100 Jahren für eine Tiefe von 70 cm. Nach FEGGER (1993) berechnet sich die Versauerung durch Auswaschung auf den Versuchsstandorten Villingen und Schluchsee jeweils mit etwa 0,35 kmol IÄ/ha/a für 80 cm Bodentiefe. Dies würde auf 100 Jahre umgerechnet 35 kmol IÄ/ha ausmachen und liegt weit unter den für das Untersuchungsgebiet im Fichtelgebirge berechneten Werten von 170 kmol/ha/100 Jahren.

Als Grundlage für die Berechnung der aktuellen Auswaschung im Untersuchungsgebiet dienten Angaben aus HANTSCHHEL (1987) und eine Niederschlagskarte vom Untersuchungsgebiet (nach LENZ, 1991). Die Angaben in der Literatur über die Auswaschung im Fichtelgebirge entstammen nur einem relativ kurzen Beobachtungszeitraum (< 2 Jahre) und müssen daher kritisch beurteilt werden. Zudem wurden verschiedene Daten von zwei Standorten gemittelt, die sich bis zu einem Faktor von 7 unterschieden (HANTSCHHEL, 1987). Die Auswaschung wurde als abhängig von der Niederschlagsmenge angenommen. Daher gilt für die Auswaschung der gleiche Fehler, der schon für die nasse Deposition diskutiert wurde, nämlich daß vektorielle Karten immer scharfe Übergänge haben, welche so in der Natur nicht vorkommen.

Unberücksichtigt blieb die Verdunstung im Untersuchungsgebiet. Da die Menge des Sickerwassers jedoch abhängig ist von der Höhe des Niederschlags und der Höhe der Verdunstung

und diese wiederum von verschiedenen anderen Faktoren (Temperatur, Vegetation), wird die Sickerwassermenge nicht nur mit der Niederschlagsmenge korrelieren.

Bei dieser Untersuchung blieb außerdem unberücksichtigt, daß eine höhere Deposition durch höheren Niederschlag auch zu einer höheren Auswaschung führen kann. Es wurde lediglich angenommen, daß die höheren Niederschläge mehr Stoffe im Boden lösen und dadurch die Auswaschung erhöht wird. Des Weiteren wurde eine erhöhte Auswaschung nach Düngung bei der Berechnung ebensowenig berücksichtigt wie eine Auswaschung am Hang, bei der der Wasserfluß hangabwärts verläuft und die unteren Lagen durch ausgewaschene Ionen versorgt werden.

Die Berechnung der historischen Auswaschung wurde größtenteils gutachterlich festgelegt. Ausgehend von den aktuellen Auswaschungsdaten wurde angenommen, daß früher aufgrund der geringeren Versauerung des Bodens ebenfalls geringere Mengen an Aluminium, Eisen und Schwefel im Boden frei vorlagen und ausgewaschen werden konnten. Auch die Auswaschungsraten von Kalium, Calcium und Magnesium sowie die Auswaschungsraten der Protonen wurden im Vergleich zur heutigen Zeit als geringer angenommen (geschätzter Faktor: 0,7), da keine starken Säuren eingetragen wurden, welche die Mb-Kationen vom Austausch verdrängt hätten. Wie hoch die Versauerung im Boden jedoch letztendlich vor Beginn der Industrialisierung war, läßt sich, wenn überhaupt, nur sehr schwer feststellen.

4. 7 Bilanzierung der Einflußfaktoren durch Verschneidung der einzelnen Karten

Auf eine flächenhafte Bilanzierung aller Einflußfaktoren auf den Bodenzustand des Untersuchungsgebietes durch Verschneidung der einzelnen Karten wurde verzichtet. Die Fehler, die den einzelnen Karten zugrunde liegen, erwiesen sich als so groß, daß die entstandene Bilanzierungskarte ein falsches Bild über die Bodenausstattung ergeben hätte. Bei der Biomasseentnahme konnte beispielsweise die tatsächliche Fläche der Nutzung nicht angegeben werden. Vielfach lagen keine Daten für die Unterabteilungen vor, teilweise waren die Nutzungen so gering, daß selbst innerhalb einer Unterabteilung die Nutzung nur auf einer verhältnismäßig kleinen Fläche stattgefunden hatte. Daraus ergaben sich große Unterschiede in der Nutzungsintensität.

Bei der Verwitterung konnte die Temperatur nicht berücksichtigt werden, da keine differenzierten Angaben über die Temperaturverteilung innerhalb des Untersuchungsgebietes vorlagen. Auch die Elementzusammensetzung des Ausgangsmaterials, die innerhalb kleiner Bereiche variiert, wurde nicht berücksichtigt. Letztendlich wurden die Standorteinheiten, welche Angaben über Feuchtigkeit und Bodenbeschaffung zulassen, ebenfalls nicht in die Untersuchung mit einbezogen. Bei der Deposition schließlich wurden teilweise Karten in einem kleinen Maßstab (1 : 50000 – 1 : 100000) verwendet, die keine große Differenzierung innerhalb des Untersuchungsgebietes zulassen, wie sie eigentlich in diesem strukturiertem Gelände notwendig wäre.

Eine Bilanzierungskarte auf der Grundlage dieser fehlerbehafteten Einzelkarten hätte allenfalls theoretischen Wert.

Auf der Grundlage der Daten von Verwitterung, Deposition, Auswaschung und Biomasseentnahme hätte man zwar Bilanzierungsmodelle einsetzen können, wie beispielsweise das Modell SAFE (JÖNSONN et al., 1993; SVERDRUP et al., 1994) oder das Model BEM (Batch Equilibrium Model) (PRENZEL, 1991); diese Modelle benötigen aber sehr viele Daten, die im Untersuchungsgebiet nicht genommen werden konnten. Es wäre zwar theoretisch möglich gewesen, die Verwitterung über mehrere Jahre zu modellieren, einen Unterschied im regionalen Maßstab hätte man aber nur herausfinden können, wenn für das Untersuchungsgebiet detaillierte Angaben über die chemische Ausstattung des Bodens, über Temperatur und Niederschlag vorgelegen hätten.

In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, daß die Biomasseentnahme selbst innerhalb eines Reviers mit unterschiedlicher Intensität ausgeübt wurde und daß brauchbare Modelle für Deposition, Verwitterung und Auswaschung in diesem Maßstab selbst für die aktuellen, geschweige denn für die historischen Vorgänge fehlen.

4. 8 Bodendaten

Um zu prüfen, ob man das Muster der historischen Waldnutzung im chemischen Zustand des Waldbodens wiederfinden kann, wurden Bodenproben genommen und analysiert. Hierbei zeigte sich, daß die Stärke der Humusaufgabe dort am höchsten war, wo ehemals viel Streu gerecht worden war. Für den Ol-Horizont des Humus auf Phyllit ergab sich ein signifikanter Unterschied im C/P-Verhältnis zwischen den Beständen, aus denen viel und wenig Biomasse entnommen worden war. Das C/P-Verhältnis war auf den Flächen mit hohem Biomasseexport geringer. Ebenso ergab sich für den Of-Horizont auf Granit, daß das C/N-Verhältnis auf den Flächen mit hohem Biomasseexport höher war als auf den Flächen mit geringem Biomasseexport.

Für alle anderen C/N-, C/P- und C/S-Verhältnisse der verschiedenen Horizonte konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Die gewonnenen Bodendaten zeigen einen Unterschied in der Humusstärke zwischen Flächen, auf denen viel und wenig Biomasse entnommen wurde. Daß die Flächen, auf denen viel Biomasse entnommen wurde, eine höhere Humusstärke aufweisen als die anderen Flächen überrascht zunächst. Es gibt hierfür jedoch zwei Erklärungsmöglichkeiten.

1. Die Streunutzung wurde bis in die 50er Jahre dieses Jahrhunderts ausgeübt. Danach wurde keine Streu mehr gerecht, aber weiterhin Streu produziert. Aufgrund des schlechten Bodenzustandes, der durch die langjährige intensive Streunutzung verursacht wurde, konnte die Streu nicht gut abgebaut werden und sammelte sich an.

Für diese erste Erklärungsmöglichkeit spricht die Tatsache, daß das C/N-Verhältnis des Of-Horizontes auf den stark streugerechten Flächen größer war als auf den weniger streugerechten. Allerdings gibt es auf Phyllit keinen signifikanten Unterschied im C/N-Verhältnis, was gegen diese Erklärungsmöglichkeit sprechen würde. Hier war aber auch der Unterschied zwischen den Flächen, was die Menge der entnommenen Streu betraf, geringer.

2. Die Streu wurde von den Streuberechtigten dort am intensivsten gerecht, wo sie von Natur aus schon in größerer Stärke vorlag. Somit wäre die Ursache für die höhere Humusstärke in den Standortfaktoren (Feuchtigkeit, Temperatur, Nährstoffversorgung) zu suchen.

Das geringere C/P-Verhältnis auf den Flächen mit höherer Humusstärke überrascht ebenfalls. Es könnte seine Ursache in der Düngung der Flächen haben, die zum Zeitpunkt der Probenahme noch nicht in die Untersuchung einbezogen war. Die Düngung und ihre Auswirkungen auf den chemischen Bodenzustand könnten daher Einfluß auf die Statistik genommen haben.

Bei der Erklärung des aktuellen Bodenzustandes sollten aber nicht nur die Streunutzung und die Düngung betrachtet werden. Die anderen Einflußfaktoren (Deposition, Verwitterung, Auswaschung) variieren, wie wir gesehen haben, ebenfalls in ihrer Intensität. Daher haben sie ebenfalls einen Anteil an der unterschiedlichen Bodenausstattung.

Weiterhin darf bei der Untersuchung nicht vergessen werden, daß Angaben über den Ausgangsbodenzustand von 1800 völlig fehlen. Sicherlich hat es aber auch schon zu dieser Zeit Unterschiede in der Bodenausstattung gegeben.

Die Bodendaten aus dem Jahre 1960 (Tabelle 50) geben aufgrund ihres Analyseverfahrens (NH₄Cl-Auszug bzw. Zitrat auszugs) neben dem pH-Wert auch die Austauschkapazität des Bodens wieder. Rechnet man die Werte von mg/100 g Boden um in mmol/kg, so kann man diese Werte mit denen der Bodenproben von 1995 direkt vergleichen. Hierbei ist allerdings nicht klar, ob sich die Werte auf 100 g trockenen oder feuchten Boden beziehen. Die Werte streuen sehr stark, was sicherlich auf die Auswahl der Probenpunkte zurückzuführen ist. Häufig wurden Pflanzgärten und Wildäcker gewählt, die nicht repräsentativ für den Wald sind. Wie die Probenpunkte im Wald gewählt wurden, läßt sich aus den Akten nicht ersehen. Die hohen Calciumwerte bei den Probenpunkten 4 und 6 deuten aber darauf hin, daß diese Flächen gedüngt wurden. Ebenso schwierig sind die pH-Werte (pH KCl) zu deuten. Zwar gibt es Werte von 3,5 und 3,8 (Probenpunkt 3), aber auch welche von über 7. Letztere finden sich allerdings nur in Pflanzgärten und auf einem Wildacker.

4. 9 Vergleich historischer Humusproben mit den Bodenproben aus dem Untersuchungsgebiet im Jahre 1995

Ein interessanter Vergleich der Elementgehalte von Streu läßt sich aus den hier vorgestellten Untersuchungsergebnissen im Fichtelgebirge und aus Angaben in der Literatur anstellen. Verglichen werden zwei Streuanalysen aus dem letzten Jahrhundert mit Streuanalysen aus dem Solling von 1968/75 und den Analyseergebnissen der Streu von 1995 aus dem Untersuchungsgebiet. Eine der älteren Streuanalysen stammt aus dem Tharandter Wald (KRUTZSCH, 1852), die andere von EBERMAYER (1876) aus dem Fichtelgebirge.

In den Jahren zwischen 1867 und 1869 wurden in den Fichtelgebirgsrevieren Bischofsgrün und Goldkronach Streumaterialien entnommen und analysiert. Die beiden genannten Reviere liegen in der Nähe des Untersuchungsgebietes. Die genauen Flächen der Streuentnahme lassen sich anhand alter Karten aus dem Forstamt Goldkronach ermitteln (siehe Karte 2). Es sind dies die Flächen „Schwarzelache“ und „Schreinersberg“

Vergleicht man die Untersuchungsergebnisse aus dem Fichtelgebirge von 1867 und 1869 (als Mittelwert Analyseergebnisse der beiden Standorte) mit denen von 1995 (Diagramm 19), so erkennt man eine deutliche Erhöhung der Aluminium- und Eisengehalte in der Streu im Jahre 1995. Während der Eisengehalt der Streu im Jahre 1869 bei 0,6 g/kg Trockensubstanz liegt, und der Aluminiumgehalt bei 0,3 g/kg Trockensubstanz, haben sich diese Werte im Jahre

1995 bei Eisen auf 4 g/kg Trockensubstanz und bei Aluminium auf 6 g/kg Trockensubstanz erhöht. Dies ist das 6-fache bzw. 20-fache des Ausgangswertes. Die Erhöhung der Eisen- und Aluminiumwerte im Boden deutet auf eine starke Versauerung hin, wobei Al- und Fe-Ionen freigesetzt und von den Pflanzen aufgenommen werden. Auch der Schwefelgehalt der Streu liegt heute beim 20-fachen des Ausgangswertes. Da Schwefel nicht im Ausgangsgestein vorkommt, muß er durch Depositionen eingetragen worden sein. Dies wird durch den Vergleich mit den zwei anderen Untersuchungen (KRUTZSCH, 1852 und ELLENBERG, 1986) bestätigt. Auch hier liegen für 1852 nur geringe Schwefelwerte (0,13 g/kg Trockensubstanz) vor, die in etwa so hoch sind wie die der analysierten Streu von EBERMAYER (1876) aus dem Fichtelgebirge. Dagegen ist der Schwefelgehalt der Streu im Solling aus den Jahren 1968/75 (ELLENBERG, 1986) mit 1,7 g/kg Trockensubstanz fast genauso hoch wie der Schwefelgehalt der Streu im Fichtelgebirge von 1995. Dies läßt auf vergleichbare Eintragungsmengen schließen, welche durch überregionale Quellen zu erklären sind.

Die hohen Magnesiumwerte der Streu im Jahre 1995 im Fichtelgebirge lassen sich durch Düngung mit magnesium-haltigen Düngern erklären. Für die hohen Mn-Werte im Tharandter Wald (KRUTZSCH, 1852) gibt es keine logische Erklärung.

Diagramm 19

69 KB

Diagramm 19: Vergleich der Elementgehalte in der Streu zwischen 1876 und 1995

4. 10 Schlußfolgerungen

Die historische Waldnutzung kann innerhalb eines relativ kleinen Gebietes in ihrer Intensität stark variieren. Ihr Anteil an der Versauerung des Waldbodens kann Werte von der Größenordnung der Deposition erreichen und sollte daher bei Untersuchungen über den Zustand des Bodens mit einbezogen werden. Leider ist es sehr aufwendig, die historische Waldnutzung in einem relativ kleinen Gebiet nachzuvollziehen. Während man bei der Holznutzung davon ausgehen kann, daß diese flächendeckend stattgefunden hat und man die Biomasseentnahme durch Holznutzung über den durchschnittlichen Zuwachs eines Bestandes berechnen kann (z. B. 3 fm/ha/a multipliziert mit der Anzahl der Jahre), muß die Streunutzung differenzierter betrachtet werden. Wurde in einem Gebiet sehr viel Streu genutzt, und dies über einen Zeitraum von hundert, zweihundert oder noch mehr Jahren, so kann man davon ausgehen, daß die Streunutzung gleich der Holznutzung homogen über das gesamte Gebiet ausgeübt wurde. In Gebieten, in denen keine oder nur geringe Mengen an Streu gereicht wurden, kann diese Nutzung unberücksichtigt bleiben. Schwieriger werden die Untersuchungen in Gebieten mit einem mittleren Streuaufkommen. Hier können Flächen sehr intensiv bis überhaupt nicht genutzt worden sein. Aber gerade dies könnte den Unterschied in der Bodenausstattung des Waldes mit erklären.

Wichtiger vielleicht noch als die Biomassenutzung ist der Einflußfaktor Düngung. Diese hat einen sehr hohen Einfluß auf den Bodenzustand. Zudem läßt sich die Düngung leichter nachvollziehen, da sie erst in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg ausgeübt wurde. Die diesbezüglichen Unterlagen sind daher viel leichter zugänglich als die Unterlagen über die Holz- und Streunutzung. Wie vorher gesagt wurde, müssen die Auswirkungen der Düngung allerdings nicht immer im Boden wiederzufinden sein. Auf den ausgewiesenen Flächen, auf denen Düngung stattgefunden hat, können die Ionen ausgewaschen oder von der Vegetation aufgenommen worden sein. Nicht immer stimmen die ausgewiesenen Flächen mit den tatsächlich gedüngten Flächen überein. Die historische Düngung steht in einer, wenn auch geringen, Korrelation zur Bodenausstattung. Sie muß daher bei Bodenuntersuchungen unbedingt berücksichtigt werden.

Für die Einflußfaktoren Verwitterung, Auswaschung und Deposition müssen geeignete Modelle entwickelt, beziehungsweise müssen erheblich mehr Daten über Temperatur, Niederschlagsverteilung und Bodenausstattung gewonnen werden, will man präzise Aussagen über deren Einfluß auf den Bodenzustand machen. Es ist anzunehmen, daß sich die Verwitterung in den letzten 200 Jahren nicht so stark verändert hat wie etwa die Auswaschung, welche ihrerseits von der Bodenausstattung abhängig ist. Die größte Veränderung dürfte die Deposition erfahren haben. Für ein stark strukturiertes Gelände, wie es im Fichtelgebirge zu finden ist, ist es sehr schwer, die derzeitige Deposition zu berechnen. Noch weitaus schwieriger ist es, die historische Deposition mit ihren regionalen und lokalen Einflüssen zu rekonstruieren. Liegen keine geeigneten Modelle für die Deposition vor, so sollten in zukünftigen Untersuchungen wenigstens die Faktoren, welche die Deposition im kleineren Maßstab bestimmen, berücksichtigt werden. Zu diesen Faktoren gehören die Hauptwindrichtung, die Lage zum Wind (Luv oder Lee) und die Lage der Industriegebiete.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die eingangs aufgestellte Hypothese „Die historische Nutzung des Waldes spiegelt sich in der Ausstattung des Bodens wider!“ nur

eingeschränkt gelten kann. Das Fazit dieser Untersuchung lautet stattdessen: Die historische Waldnutzung hat einen Einfluß auf den heutigen Bodenzustand! Ihr Muster wird allerdings von den anderen Einflußfaktoren (vor allem Düngung und Deposition) überlagert.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwieweit die Waldnutzungsgeschichte zur Quantifizierung des heutigen Bodenzustandes herangezogen werden kann. Hierbei wurde der Anteil der Versauerung, der durch den Biomasseexport (Holzernte, Streunutzung) zu erklären ist, ins Verhältnis gesetzt zu den anderen Faktoren, welche Einfluß auf den heutigen Bodenzustand haben. Diese sind Deposition, Auswaschung, Verwitterung und Düngung.

In einem regionalen Maßstab (1 : 10000 bis 1 : 25000) wurde für das ehemalige Revier Tröstau im Fichtelgebirge (Größe ca. 2400 ha) der Export von Biomasse durch Holzernte und Streunutzung bis auf Abteilungebene nachgewiesen. Dazu wurden Karten ab dem Jahre 1798 bis 1992 digitalisiert und die entnommenen Mengen an Holz und Streu, welche sich in alten Aufzeichnungen im Staatsarchiv in Bamberg und am Forstamt Wunsiedel befanden, den Flächen zugewiesen. Die Angaben in den alten Akten waren in der sogenannten Sütterlinschrift handschriftlich eingetragen und lagen in alten Maßen (Klafter, Fuder, Wellenhunderte, Ster) und Sortimenten (Bau- und Nutzholz, Scheit- und Prügelholz, Stockholz) vor. Die alten Maße wurden in Festmeter und Kubikmeter umgerechnet und die alten Sortimente den neuen zugeteilt. Für die verschiedenen Perioden erhielt man so die entnommenen Mengen an Holz und Streu. Durch Verschneidung der Karten in ARC/INFO™ und durch Addition der Mengen der einzelnen Perioden konnte die Gesamtentnahmemenge für jede Fläche berechnet werden. Die Ergebnisse der Verschneidung und Addition wurden in Karten dargestellt. Hierbei zeigte sich eine inhomogene Verteilung der Nutzung. Bestimmte Flächen waren intensiver genutzt worden als andere. Vor allem die Streunutzung konzentrierte sich auf wenige Flächen.

Anhand von Literaturangaben und eigenen Untersuchungen wurden die Elementgehalte der verschiedenen Streuarten und des Holzes bestimmt und die Gesamtentnahmemengen der Elemente und die daraus resultierende Versauerung berechnet. Sie liegt auf den intensivst genutzten Flächen bei über 60 kmol IÄ/ha/175 Jahre oder 0,35 kmol/ha/a im Durchschnitt der letzten 175 Jahre.

Ebenfalls aus Aufzeichnungen am Forstamt Wunsiedel wurden die Düngungsflächen digitalisiert und die Düngermengen zugewiesen. Aus der Literatur wurde die Elementzusammensetzung der Dünger ermittelt und die gedüngten Elementmengen sowie die Neutralisation von Säure durch diese Düngung berechnet. Die Höchstmenge an gedüngten Ionen-Äquivalenten von 1948 bis 1990 liegt bei 210 kmol/ha. Sehr viele Flächen waren bisher überhaupt nicht gedüngt worden.

Die weiteren Einflußfaktoren Deposition, Verwitterung und Auswaschung wurden aus der Literatur übernommen. Für jeden Faktor wurden eigene Modelle erstellt, die aufgrund fehlender regionaler Daten nur als sehr grob anzusehen sind. Für einen Vergleich mit dem Einflußfaktor historische Waldnutzung reichen sie aber aus.

Die Depositionsdaten waren aufgrund des Eintrags durch den Nebel im Untersuchungsgebiet höher als in der Literatur für vergleichbare Standorte angegeben. Sie lagen im Durchschnitt bei 2,7 kmol IÄ/ha/a. Die Verwitterung und die Auswaschung wurden nur sehr grob geschätzt. Für die Verwitterung wurden 0,75 kmol IÄ/ha/a auf Kalksilikatfels und 0,5 kmol IÄ/ha/a auf Granit, Gneis und Phyllit angenommen. Dies galt für die gesamte Untersuchungs-

zeit von 1815 bis 1990. Die aktuelle Auswaschung wurde mit 2 bis 2,5 kmol IÄ/ha/a angenommen. Daraus errechnete sich eine historische Auswaschung von durchschnittlich 1 bis 2 kmol IÄ/ha/a.

Auf eine Verschneidung aller Karten (Biomasseentnahme, Düngung, Deposition, Verwitterung, Auswaschung) und somit einer flächenhaften Bilanzierung aller Einflußfaktoren wurde verzichtet, da die entstandene Karte aufgrund der großen Fehler der einzelnen Karten (Deposition, Verwitterung, Auswaschung) einen falschen Eindruck erweckt hätte.

Als Ergebnis läßt sich festhalten, daß die historische Waldnutzung im Fichtelgebirge in unterschiedlicher Intensität ausgeübt wurde. Es gibt Flächen mit hohem Biomasseexport und Flächen mit geringerem. Der Anteil des Biomasseexportes an der Bodenversauerung kann auf intensiv genutzten Flächen den Anteil der Deposition erreichen. Der Anteil der Düngung an der Bodenausstattung liegt teilweise weit über dem Anteil der Streunutzung.

Um zu sehen, ob sich die Biomasseentnahme in der heutigen Ausstattung der Böden widerspiegelt, wurden Bodenproben genommen und analysiert. Es zeigte sich, daß auf den intensiv streugenen Flächen die Humusstärke höher war als auf den weniger stark streugenen. Hierfür gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten:

1. Durch die intensive Streunutzung verschlechterte sich der Bodenzustand, so daß die Streu, welche weiterhin produziert wurde, schlecht abgebaut wurde. Sie sammelte sich an. Dieser Zustand hält bis heute an.
2. Streu wurde dort am intensivsten gereicht, wo sie in größeren Mengen vorkam. Die Ursachen für die größere Streumenge wäre demnach in den Standortverhältnissen (Feuchtigkeit, Temperatur, Nährstoffversorgung) zu suchen.

Für die erste Erklärungsmöglichkeit spricht die Tatsache, daß das C/N-Verhältnis des Of-Horizontes auf den stark streugerechten Flächen auf Granit signifikant höher war als auf den weniger stark streugerechten. Allerdings gibt es auf Phyllit keinen signifikanten Unterschied im C/N-Verhältnis, was gegen diese Erklärungsmöglichkeit sprechen würde. Hier war aber auch der Unterschied in der Menge der entnommenen Streu zwischen den Flächen geringer.

Weitere Unterschiede in der Bodenausstattung zwischen stark genutzten und wenig genutzten Flächen konnten nicht nachgewiesen werden. Dies lag vor allem daran, daß die aus dem unterschiedlichen Biomasseexport resultierenden Unterschiede in der Bodenausstattung durch die anderen Faktoren, allen voran Düngung und Deposition, überlagert wurden. Der Einfluß von Deposition, Verwitterung und Auswaschung auf den Bodenzustand ist aufgrund fehlender Modelle und Daten in kleinstrukturierten Gebieten nicht exakt zu bestimmen. Hier müssen zuerst Modelle entwickelt werden, welche die kleinräumlichen Unterschiede (Relief, Wasserversorgung, Hangneigung, Luv/Lee-Lage, Sonneneinstrahlung) berücksichtigen. In einem zweiten Schritt müssen die für diese Modelle notwendigen Daten erhoben werden. Erst dann sind genaue Aussagen über die verschiedenen Einflußfaktoren auf den heutigen Bodenzustand möglich.

Die historische Waldnutzung sollte bei Bodenuntersuchungen in Zukunft dort berücksichtigt werden, wo keine flächenhafte hohe oder niedrige Nutzung stattgefunden hat und somit ein Muster in der Nutzung zu erwarten ist.

6. Literaturverzeichnis

ALEXANDER, Dr., Firma Aglycon, telefonische Mitteilung, Oktober 1996

ARC/INFO™ und ArcView™ sind eingetragene Warenzeichen von Environmental Research System Institute, Inc., USA.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.), 1995:

Internationales Symposium, Grundwasserversauerung durch atmosphärische Deposition, Ursachen - Auswirkungen - Sanierungsstrategien, 26. - 28. Oktober 1994, Bayreuth, Deutschland, Informationsbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 3/95

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.), 1987: Grundsätze für die Düngung im Wald - Düngerichtlinien 1987 für den bayerischen Staatswald. 29 S.

BEESE, F. und MEIWES, K. J., 1995: 10 Jahre Waldkalkung, Stand und Perspektiven, AFZ 17/1995, S. 946 - 949

BRECHTEL, H.-M., 1989: Stoffeinträge in Waldökosysteme. -Niederschlagsdeposition im Freiland und in Waldbeständen-. Beiträge der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt zur Wissenschaftlichen Tagung des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK), -Fachausschuß Wald und Wasser-, „Immissionsbelastung des Waldes und seiner Böden. -Gefahr für die Gewässer?“ in Fulda, vom 28. bis 30 November 1988, Forschungsbericht Band Nr. 8, Oktober 1989, S. 14 - 52

BUCHER, 1957: Ratschläge zur Düngung nach Bodenuntersuchungsergebnissen für Böden unterschiedlicher Ertragsklassen. 4. Neubearbeitete Auflage, Oktober 1957, Landwirtschaftl. Untersuchungsamt Würzburg

BURSCHEL, P. und HUSS, J., 1987: Grundriß des Waldbaus. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 352 S.

CRUG, K., 1949: Beiträge zur Forst- und Jagdgeschichte der Markgrafschaft Bayreuth im 15. und 16. Jahrhundert. Forstw. Cbl., Jhrg. 68, Heft 10/11, S. 715 - 720

DAUBER, E., GAMPE, S., KREUTZER, K., LUGER, F. und ZENKE, B., 1979: Potential pflanzlicher Reststoffe zur Rohstoffgewinnung. Teil 1 Waldabfälle. Bundesministerium für Technologie und Forschung. Forschungsbericht der Forstwiss. Fakultät der Univ. München, 1978, 487 S.

DIMPFL, H., 1968: Das Hohe Fichtelgebirge. Topographischer Atlas Bayerns. Paul List Verlag München.

DROSTE zu HÜLSHOFF, B. v., 1968: Vorläufige Untersuchungsergebnisse über die Erfassung oberirdischer Baumorgane an einer 76-j. vorherrschenden Fichte im Ebersberger Forst bei München. Forstw. Cbl. 87, S. 369 - 383

EBERMAYER, E., 1876: Die gesammte Lehre der Waldstreu. Berlin, Verlag von Julius Springer, 416 S.

- EIDEN, R. (Koordinator), PETERS, K., TRAUTNER, F., HERTERICH, R. und GIETL, G., 1989: Air Pollution and Deposition. In: Schulze, E.-D., Lange, O. L. und Oren, R. (Hrsg.): Forest Decline and Air Pollution, Ecological Studies 77, S. 57 - 103
- ELLENBERG, H., MAYER, R. und SCHAUERMANN, J., 1986: Ökosystemforschung, Ergebnisse des Sollingprojekts 1966-1986; Ulmer Stuttgart 507 S.
- ENGLISCH, M., 1987: Versauerung von Waldböden durch Entnahme von Biomasse bei der Holzernte (Fichte). Untersuchung der Auswirkung verschiedener Nutzungsarten auf 17 österreichischen Standorten. Diplomarbeit, Univ. f. Bodenkultur, Wien, 75 S.
- FBWL (FORSCHUNGSBEIRAT WALDSCHÄDEN/LUFTVERUNREINIGUNGEN), 1989: Dritter Bericht, November 1989, 611 S.
- FEGER, K.-H., 1993: Bedeutung von ökosysteminternen Umsätzen und Nutzungseingriffen für den Stoffhaushalt von Waldlandschaften. Habilitationsschrift, Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, Heft 31, 237 S.
- FEGER, K.-H., BRAHMER, G. und ZÖTTL, H. W., 1993: Projekt ARINUS: VII. Zwischenbilanz und Perspektiven. KfK-PEF-Bericht März 1993, S. 1 - 18
- FEGER, K.-H., RASPE, S., SCHMID, M. und ZÖTTL, H. W., 1991: Verteilung der Elementvorräte in einem schlechtwüchsigen 100jährigen Fichtenbestand auf Buntsandstein. Forstw. Cbl. 110, S. 248 - 262
- FICKERT, W., 1989: Geldwesen, Kaufkraft und Maßeinheiten im Bereich des Fürstentums Bayreuth, Nürnberg 1989
- FÜHRER, H.-W., BRECHTEL, H.-M., ERNSTBERGER, H. und ERPENBECK, CH., 1988: Ergebnisse von neuen Depositionsmessungen in der Bundesrepublik Deutschland und im benachbarten Ausland. Mitteilungen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Heft 14, 122 S.
- GAYER, K., 1863: Die Forstbenutzung. Verlag Karl Krebs, Aschaffenburg 1863, S. 331 - 354
- GAYER, K., 1921: Die Forstbenutzung. 12. Auflage, (Hrsg.: L. Fabricius) Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin, 1921
- Gesetz-Blatt für das Königreich Bayern. 7. Mai 1869
- GLATZEL, G., 1989a: Internal proton generation in forest ecosystems as influence by historical landuse and modern forestry. In: Ulrich, B. (Hrsg.): Internationaler Kongress Waldschadensforschung: Wissensstand und Perspektiven, Vorträge Band I, Friedrichshafen, Okt. 1989, S. 335 - 349
- GRAF, W., 1935: Die Wirtschaftsgeographie des Fichtelgebirges. Diss. an der J.W. Goethe-Universität, Frankfurt a. M., S. 80 - 89, 96 - 113
- GRAF, W., 1936: Geschichtliche Entwicklung und natürliche Grundlagen der fichtelgebirgischen Forstwirtschaft. In: Der Siebenstern, Bd. 10, Wunsiedel, S. 106 - 108

- GÜRTH, P. und KÖHLER, M., 1992: Bestandesgeschichtliche Untersuchungen in geschädigten Hochlagenbeständen des Südschwarzwaldes. Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung 36, S. 17 - 26
- HABEL, H., 1992: "...und die Berge sind Erde und Stein, die Wälder Holz". Begleitheft zur Naturpark-Ausstellung im Bauernhausmuseum Schwärzerhaus in Grassemann. Wunsiedel 1992, 90 S.
- HÄBERLE, M., 1984: Schadstoffe in der Atmosphäre und Waldschäden -ökologische und ökonomische Aspekte-. AFZ, Heft 30/31, S. 761 - 766
- HANTSCHHEL, R., 1987: Wasser- und Elementbilanz von geschädigten, gedüngten Fichtenökosystemen im Fichtelgebirge unter Berücksichtigung von physikalischer und chemischer Bodenheterogenität. Bayreuther Bodenkundliche Berichte, Band 3, 219 S.
- HEINSDORF, D. und KRAUß, H.-H., 1990: Schätztafeln für Trockenmasse und Nährstoffspeicherung von Kiefernbeständen. IFE-Berichte aus Forschung und Entwicklung (Institut für Forstwissenschaften Eberswalde), Nr. 18, 77 S.
- HÖHLER, H., mündliche Mitteilung, 12. 08. 1998 (Mitarbeiter am FA Wunsiedel)
- HÖHNE, H., 1963: Der Mineralstoff- und Stickstoffgehalt von Waldbodenpflanzen in Abhängigkeit vom Standort. Archiv Forstw. 12, Heft 8, S. 791 - 805
- ISERMANN, K., 1982: Bewertung natürlicher und anthropogener Stoffeinträge über die Atmosphäre als Standortfaktoren hinsichtlich der Versauerung land- und forstwirtschaftlich genutzter Böden. Jahrestagung 1982 der Deutschen Botanischen Gesellschaft (DBG) und der Vereinigung für Angewandte Botanik (VAB) in Freiburg i. Br. Sept. 1982
- ISRAËL, G., ERDMANN, A., SHEN, J., FRENZEL, W. und ULRICH, E., 1992: Analyse der Herkunft und Zusammensetzung der Schwebstaubimmission. Abschlußbericht zum F + E - Vorhaben: "Herkunft und Zusammensetzung der Schwebstaubimmissionsbelastung" UBA F + E - Nr. 104 025 97, 275 S.
- JÖNSON, C., SCHÖPP, W., WARFVINGE, P. and SVERDRUP, H., 1993: Modelling long term impact on soil acidification for three sites in Northern Europe. Reports in ecology and environmental engineering, Report 1:1993, Lund University, Schweden, Department of Chemical Engineering II, 29 S.
- JORDAN/EGGERT/KNEISSEL 1963: Handbuch der Vermessungskunde, Band II. J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, S. 18
- KAUPENJOHANN, M., 1989: Chemischer Bodenzustand und Nährelementversorgung immissionsbelasteter Fichtenbestände in NO-Bayern. Bayreuther Bodenkundliche Berichte, Band 11, 202 S.
- KEHR, K., 1964: Die Fachsprache des Forstwesens im 18. Jahrhundert. Gießen 1964
- Königlich-Baierisches Regierungsblatt, 11. März 1809
- Königlich-Baierisches Regierungsblatt, 25. Oktober 1811
- KREUTZER, K., 1972: Über den Einfluß der Streunutzung auf den Stickstoffhaushalt von Kiefernbeständen (*Pinus silvestris* L.). Forstw. Cbl. 91, S. 263 - 270

- KREUTZER, K., 1979: Ökologische Fragen zur Vollbaumernte. Forstw.Cbl. 98, S. 298 - 308
- KRUTZSCH, H., 1852: Untersuchungen über die Waldstreu. Tharander forstwirtschaftl. Jahrbuch, Bd. VIII, S. 260 - 270
- LENZ, R. J. M., 1991: Charakteristika und Belastungen von Waldökosystemen NO-Bayerns - eine landschaftsökologische Bewertung auf stoffhaushaltlicher Grundlage. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Göttingen, Reihe A, Bd. 80, 200 S.
- LENZ, R. J. M., 1993: Consequences of a 150 years history of human disturbances in some forest ecosystems. In: T.J.B. and C.E.B. Boyle (eds.): Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change. NATO Advanced Research Workshop, Springer: S. 265 - 290.
- LENZ, R. J. M., MENDLER, S. und STARY, R., 1995: A comparison of models for the assessment of critical loads on different scales of observation. In: G. J. Heij and J. W. Erisman (Editors), Studies in Environmental Science 64, Acid Rain Research: Do we have enough answers? Proceedings of a Speciality Conference, 's-Hertogenbosch, The Netherlands, 10-12 October 1994, ELSEVIER Amsterdam, S. 393 - 394
- MALESSA, V., 1995: Die vorindustrielle Nutzung von Waldökosystemen und ihre Auswirkungen auf den Ökosystemzustand. Forst und Holz Nr. 10, S. 307 - 311
- MANDERSCHIED, B., GÖTTLEIN, A., HELL, U. und BLASEK, R., 1995: Die Wasser- und Stoffflüsse auf der Intensivmeßfläche Coulissenhieb. In: Manderscheid, B und Göttlein, A., (Hrsg.): Wassereinzugsgebiet 'Lehstenbach' - das BITÖK-Untersuchungsgebiet am Waldstein (Fichtelgebirge, NO-Bayern), Bayreuther Forum Ökologie, Bd. 18, S. 74 - 84
- MATZNER, E. und ULRICH, B., 1981: Bilanzierung jährlicher Elementflüsse in Waldökosystemen des Solling. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 144, S. 660 - 681
- MAYER, H., mündliche Mitteilung vom 10. 10. 1996
- MAYER, K.-H., 1998: Die Forstgeschichte des Fichtelgebirges. Forstliche Forschungsberichte München, 167/1998, Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. 370 S.
- MAYERS ENZYKLOPÄDISCHES LEXIKON in 25 Bänden, 1980, 9. Auflage 1971, Korrigierter Nachdruck 1980, Bibliographisches Institut AG, Mannheim
- MEIER, P., 1976: Vom Oberjägermeisteramt zur Oberforstdirektion Bayreuth. Veröffentlicht von der Oberforstdirektion Bayreuth anlässlich des Einzuges in das neue Amtsgebäude im Herbst 1976, 48 S.
- MEYER-WENKE, H., 1996: Bodenversauerung in naturnahen Waldökosystemen der Mittelgebirge Westdeutschlands zwischen 1950/70 und 1990/91. Bericht des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 140, 129 S.
- PRENZEL, J., 1991: Introduction to BEM (Batch Equilibrium Model), Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, Bd. 28, 51 S.

- PRODAN, M., 1965: Holzmesslehre. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. 1965, S. 92 - 106
- REBEL, K., 1920: Streunutzung insbesondere im bayerischen Staatswald. Verlag J. C. Huber, Diessen vor München, 172 S. plus 40 Beilagen
- REGIERUNG VON OBERFRANKEN, 1983: Waldschäden und Luftverunreinigungen in Oberfranken. Nr. 820-8701, 41 S.
- RUPPERT, H., 1990: Das Waldkleid Oberfrankens, Spiegel natürlicher und gesellschaftlicher Entwicklung. AFZ 45. Jg., H. 3, S. 77 - 79
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., HARTGE, K.-H. und SCHWERTMANN, U., 1984: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 442 S.
- SCHMIDT-VOGT, H., 1986: Die Fichte. Handbuch in 2 Bänden, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, Band II/1, 563 S.
- SCHRIMPF, E., 1980: Zur zeitlichen und räumlichen Belastung des Fichtelgebirges mit Spurenmetallen: Analysen von Baumringabschnitten und von Schnee. Natur und Landschaft 55, Nr. 12 (1980), S. 460 - 462
- SCHULZE, E. D., OREN, R. und LANGE, O. L., 1989: Processes Leading to Forest Decline: A Synthesis. In: Schulze, E.-D., Lange, O. L. und Oren, R. (Hrsg.): Forest Decline and Air Pollution, Ecological Studies 77, S. 459 - 468
- SCHULZE, G., 1909: Beiträge zur Landes- und Siedlungskunde des Fichtelgebirges. Diss. Leipzig, S. 82 - 107
- SPELSBERG, G., 1984: Rauchplage - Hundert Jahre Saurer Regen. 1. Auflage, Alano Verlag Aachen, 239 S.
- STETTNER, G., 1958: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1 : 25000, Blatt Nr. 5937 Fichtelberg. Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg. u. Verlag), 116 S.
- SVERDRUP, H., WARFVINGE, P., BLAKE, L. und GOULDING, K., 1994: Modelling recent and historic soil data from the Rothamsted Experimental Station, England using SAFE. Submitted to the Journal of Agriculture, Pollution and Environment, 1994
- TRENDELENBURG, R., 1934: Untersuchungen über das Raumgewicht der Nadelhölzer. Tharand. Forstl. Jahrbuch 85, S. 649 - 747
- UBA (Umweltbundesamt), 1983a: Feststellung der Deposition von sauren und langzeitwirksamen Luftverunreinigungen aus Belastungsgebieten. Forschungsbericht 104 02 600, UBA-FB 82-064, Erich Schmidt Verlag Berlin, 205 S.
- UBA (Umweltbundesamt), 1983b: Feststellung der Deposition von sauren und langzeitwirksamen Luftverunreinigungen aus Belastungsgebieten. Forschungsbericht Teilprojekt B Untersuchung über die Deposition atmosphärischer Spurenstoffe an Buchen- und Fichtenwald. Forschungsbericht 104 02 600, UBA-FB 82-064, Erich Schmidt Verlag Berlin, 212 S.

- UBA (Umweltbundesamt), 1989: Luftreinhalteung '88: Tendenzen, Probleme, Lösungen; Materialien zum 4. Immissionsschutzbericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag (Drucksache 11/2714) nach § 61 Bundes-Immissionsschutzgesetz. Berlin (E. Schmidt): 716 S.
- UBA (Umweltbundesamt), 1992: Was Sie schon immer über Luftreinhalteung wissen wollten. Verlag W. Kohlhammer GmbH Stuttgart, Berlin, Köln, Wörterbuchausgabe, 146 S.
- ULRICH, B., 1981: Destabilisierung von Waldökosystemen durch Biomassenutzung. Forstarchiv, 52 Jhrg., S. 199 - 203
- ULRICH, B., 1983a: Interaction of forest canopies with atmospheric constituents: SO₂, alkali and earth alkali cations and chloride. In: Ulrich, B. und Pankrath, J., (Hrsg.), Effects of Accumulation of Pollutants in Forest Ecosystems, D. Reidel Publishing Company, S. 33 - 45
- ULRICH, B., 1983b: Effects of Acid Deposition. In: BEILKE, S. und ELSHOUT, A. J. (Ed.): Acid Deposition. Proceedings of a Workshop held in Berlin, Sept. 9., 1992, D. Reidel Publisher, Dordrecht, Boston, Lancaster, S. 31 - 41
- ULRICH, B., 1985a: Natürliche und anthropogene Komponenten der Bodenversauerung. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. Bd. 43/I, S. 159 - 187
- ULRICH, B., 1985b: Stoffhaushalt von Wald - Ökosystemen Bioelement - Haushalt. Vorlesungsskript, Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen. 5. Auflage Wintersemester 1985/86, 343 S.
- ULRICH, B., 1989: Waldökosystemforschung, Konzepte und Wege. In: Dt. Verb. f. Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK): Immissionsbelastung des Waldes und seiner Böden - Gefahr für die Gewässer? Vorträge und Poster der wissenschaftlichen Tagung Hydrologie und Wasserwirtschaft vom 28. - 30. 11. 1988 in Fulda. DVWK-Mitteilungen, H. 17, Bonn : S. 7 - 23
- ULRICH, B., 1991: Folgerungen aus 10 Jahren Waldökosystem- und Waldschadensforschung. Forst und Holz 46, S. 575 - 588
- ULRICH, B., 1994: Nutrient and acid-base budget of Central European forest ecosystems. In: Godbold, D. L. und Hüttermann, A. (Hrsg.). Effects of Acid Rain on Forest Processes, Wiley-Liss, New York, S. 1 - 50
- ULRICH, B., 1997: schriftliche Mitteilung vom 23. 1. 1997
- ULRICH, B. und MATZNER, E., 1986: Anthropogenic and natural acidification in terrestrial ecosystems. *Experientia* 42, S. 344 - 350
- ULRICH, W., 1989: Long-Range Transport and Deposition of Pollutants in the Fichtelgebirge. In: Schulze, E.-D., Lange, O. L. und Oren, R. (Hrsg.): Forest Decline and Air Pollution, *Ecological Studies* 77, S. 41 - 56
- VECCHI, R., VALLI, G., GEROSA, G. und SERENTHA', C., 1993: Moose als Bioindikatoren: Ökologie der Elemente. In: Projektgruppe Bayern zur Erforschung der Wirkung von Umweltschadstoffen (PBWU) (Hrsg.), GSF-Bericht 39/93, Proceedings Symposium: Stoffeinträge aus der Atmosphäre und

- Waldbodenbelastung in den Ländern von ARGE ALP und ALPEN-ADRIA, Berchtesgaden, 27. - 29. April 1993, S. 542 - 546
- VEH, F. M., 1969/1970: Die Pechgewinnung (Pichl oder Pechshta genannt) im Fichtelgebirge. Bayerisches Jahrbuch für Volkskunde S. 207 - 215
- VEH, F. M., 1971: Das Fichtelgebirge im Wandel der Jahrhunderte. Der Siebenstern, Wunsiedel 40, S. 111 - 114
- WICHMANN, H. E., SCHLIEPKÖTER, H.-W. und FÜLGRAFF, G., 1992: Handbuch der Umweltmedizin. ecomed-Verlag, Landsberg/Lech, Loseblatt-Ausgabe
- WOLFF, E. 1880: Aschen-Analysen von land- und forstwirtschaftlichen Producten, Fabrik-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen. Zweiter Theil. Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey, Berlin 1880, S. 68 - 106
- ZÖTTL, H. W., 1987a: Stoffumsätze in Ökosystemen des Schwarzwaldes. Forstw. Cbl. 106, S. 105 - 114
- ZÖTTL, H. W., BRAHMER, G. und FEGER, K.-H., 1989b: Projekt ARINUS: III. Stoffbilanzen und Düngung der Einzugsgebiete. KfK/PEF-Berichte 50(1), S. 23 - 34

Quellen

FA: Forstamt

OFD: Oberforstdirektion

STABA: Staatsarchiv Bamberg

STO-Werk: Standortwerk

FA Fichtelberg, Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990

FA Kemnath, schriftliche Mitteilung vom 13. 7. 1994

FA Wunsiedel, 14/1b: Forstchronik für das k. Forstamts Wunsiedel, 1797 - 1881

FA Wunsiedel, 20/2 bzw. 20/32: Die vom Rechtsbrennholz abfallende Aststreu. um 1886

FA Wunsiedel, Düngeordner

FA Wunsiedel, Revier Tröstau Zusammenstellung der Alters=Klassen. Nach dem Waldstande des Wirtschaftsjahres 1845/6

FA Wunsiedel, Vermessungs- und Altersklassentabellen 1862 u. 1874

FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch für den ersten und zweiten Zeitabschnitt 1932 bis 1941 und 1942 bis 1954

FA Wunsiedel, Wirtschaftskontrollbuch 1954 bis 1965

FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch 1966 bis 1980

FA Wunsiedel, Wirtschaftsbuch 1981 bis 1990

- FA Wunsiedel: Waldstreu. Moos- und Laubrechen, Maßnahmen zur Unterstützung der Landwirtschaft; 25-9a bzw. 25/78, 1923-1937
- FA Wunsiedel: Waldstreu, Moosnutzung; 25-9a, 1938-50
- OFD Bayreuth: FA PEGNITZ, Wertsberechnung für 1 Streurechtsanteil aus dem Berechtigungsbezirk „Veldensteinerforst“ Zutreffend für die Ortschaft Neuhaus.
- STA Amberg Reg. Kammer der Forsten, 2405 I, Tabellen
- STABA, FA Selb, Rentverwaltung 6 Ämter, verschnürter Bestand: Grundregeln Streunutzung
- STABA, FA Selb, Rentverwaltung 6 Ämter, verschnürter Bestand, 1824/25
- STABA, FA Selb, 1837: Rentverwaltung 6 Ämter, verschnürter Bestand, FNN-Tarife 1831 - 1837
- STABA, K 233, Nr. 6053: Forst- und Wildprets-Rechnung bey der Oberförsterey Wunsiedel ANNO 1753, 29. April 1754
- STABA, K 350 I, Nr. 3730, FA Harlach, 1843/44 bis 1849, 1853-56
- STABA, K 350 IV, Nr. 2291: Hüttenrauchschädigungen im sog. Heindlwalde durch die Hohlglasfabrik des Josef Traßl in Hütten (FA Fichtelberg) und Grundtausch mit demselben 1901 - 1913
- STABA, K 350 V, Nr. 1071: Complex Wunsiedel Specielle Grundlagen, 1897
- STABA, K 350 V, Nr. 1072: Forstamt Wunsiedel Uebersichtliche Zusammenstellung des Ergebnisses aus dem Abschlusse der Wirthschaftsbuecher 1874 mit 1896
- STABA, K 350 V, Nr. 1073: Betriebswerk Wunsiedel, 1932/1951, Beilage II 4 d
- STABA, K 350 V, Nr. 827b: Umfassendes Waldstandsoperat für das Forstamt Fichtelberg 1897
- STABA, K 403 II, Nr. 3: Forstamt Wunsiedel. Forstrevier Furthammer. Uebersichtliche Zusammenstellung des Ergebnisses aus dem Abschlusse der Wirthschaftsbuecher für die Jahre 1861/62 bis 1873 incl.
- STABA, K 403 II, Nr. 64: Revier Tröstau, Streuabgaben, period. Nutzungspläne, Gesuche, Gutachten, Anweisungen, 1847/48
- STABA, K 403 II, Nr. 84: Nebennutzungsregister, 1886 - 1891
- STABA, K 430 II, Nr. 88: Summarische FNN Nachweisung nun Generelle Übersicht der Forstnebennutzungen, FA Wunsiedel
- STABA, K 403 II, Nr. 89: FNN-Rechnungen, 1849/50-68
- STABA, K 403 II, Nr. 92: FNN Grünersberg, 1843/44
- STABA, K 403 II, Nr. 93: Tröstau, Designation, Verkauf FNN 1820/21-1848/49
- STABA, K 403 II, Nr. 94: FNN Register Furthammer, 1867/68, 1870-85
- STABA, K 403 IV, Nr. 13: FNN, Bodenstreu etc., FA Wunsiedel mit Forstamtsaußenstelle Grötschenreuth, Übersicht über die abgegebenen Streumengen u. Erlös, 1910 bis 1941
- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 14/20: Forstbeschreibung Wunsiedel 1860

- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15: Wirtschaftsbücher
- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/1: Wirtschafts Controllbücher 1847 bis 1860
- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/3: Wirtschaftsbuch des Reviers Troestau nun Furthammer 1861/73
- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/22: Complex Wunsiedel, Wirtschaftskontrollbuch 1897 - 1908 (bis 1931)
- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 15/25: Altersklassentabelle Wunsiedel 1910
- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 16: Troestau und Grünersberg, Nachweisung über den Fällungsbetrieb in den Jahren 1815/16 bis 1846
- STABA, K 403, verschnürter Bestand, Stapel 18, Nr. 1: „Abgeänderte Waldzinns=Taxe wornach nun bei eingeführtem Baierischen Maaße die Scheit= und Stockhölzer und die zu den Nebennutzungen gehörigen Forstprodukte in dem ehemaligen Fürstenthum Baireuth abzugeben und zu verrechnen sind. 1811. In rheinischer Währung und nach Baierischem Maas.“
- STO-Werk Wunsiedel, 1992: Standortwerk für das Forstamt Wunsiedel, Stand 01. 01. 1992, Textteil, 142 S.

Karten

- FA Goldkronach, Karten 1852, KARTE des königlichen FORST=REVIERS FICHTELBERG ANGEFERTIGT IM JAHR 1852 (2 Karten)
- FA Wunsiedel, Karte 1798: REDUC: KARTE DER KÖNIGLICHEN FORSTEI TRÖSTAU
- FA Wunsiedel, Karte 1827a: UIBERSICHTS_KARTE von der Königl: Forstrevier Farrenbach, KOENIGL: FORSTAMTS WUNSIEDEL Vermessen und gezeichnet in den Jahren 1827 und 1828 durch L. P. Seyler
- FA Wunsiedel, Karte 1827b: Uibersichts_Karte von der Königl: Forstrevier Farrenbach Königl: Forstamts Wunsiedel vermessen und gezeichnet in den Jahren 1827 und 1828 und copiert durch L. P. Seyler
- FA Wunsiedel, Karte 1846: FORSTREVIER TROESTAU. 1846.
- FA Wunsiedel, Karte 1932: Wirtschaftskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL BETIEBSVERBAND Wunsiedel Stand vom Jahre 1932
- FA Wunsiedel, Karte 1954: Wirtschaftskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand vom 1. 10. 1954. DISTR. I, II u. VI.; DISTR. III.; DISTR. IV u. V. (3 Karten)
Wirtschaftskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand vom 1. 10. 1954. Bezirk Rodenzenreuth
Gemarkungskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand v. 1. 10. 1954.
- FA Wunsiedel, Karte 1966: Nutzungskarte für das FORSTAMT WUNSIEDEL Stand 1. 1. 1966 DISTR. I, II u. VI.; DISTR. III.; DISTR. IV u. V. (je 3 Karten farbig und schwarzweiß)

FA Wunsiedel, Karte 1981: Forstbetriebskarte (Waldpflege- und Nutzungskarte) Forstamt
WUNSIEDEL BV. Wunsiedel DISTR. I – III u. VII; DISTR. IV – VI
Stand: 1. 1. 1981

FA Wunsiedel, Karte 1992: Forstbetriebskarte (Waldpflege- und Nutzungskarte) Forstamt
WUNSIEDEL BV. Wunsiedel Distr. I. – III. u. VII.; Distr. IV. – VI.
Stand: 1. 1. 1992

STABA, A 240 IV, Nr. 2074: Situationsplan FR Bischofsgrün, 1804

STABA, A 240 IV, Nr. 2469: Plan vom kgl. Forst Goldkronach, o. A. um 1800

STABA, A 240 IV, Nr. 2470: Goldkronach, um 1800

STABA, A 240 IV, Nr. 2475: Vordorf, 1804

STABA, A 240 IV, Nr. 2514: Tröstau, o. A.

STABA, T 2744: Brouillonkarte der Forstey Tröstau 1804

Urkatasterarchiv, Katasterkarten 1840 - 1852

7. Veröffentlichungen

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation entstanden folgende Veröffentlichungen:

SCHÖLLMANN, H. und LENZ, R., 1995a: Landnutzungsgeschichte in NO-Bayern und ihr Erklärungsbeitrag zur stofflichen Ausstattung der Landschaft. In: OSTENDORF, B. (Hrsg.) Räumlich differenzierte Modellierung von Ökosystemen. ISSN 0944 - 4122. Bayreuther Forum Ökologie 13, S. 65 - 74

SCHÖLLMANN, H. und LENZ, R., 1995b: Landnutzungsgeschichte in NO-Bayern und ihr Erklärungsbeitrag zur stofflichen Ausstattung der Böden. Informationsbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 3/95, S. 113 - 116

SCHÖLLMANN, H. und LENZ, R., 1996: Ausgewählte Waldnutzungsformen im Fichtelgebirge und ihr Erklärungsbeitrag zur stofflichen Ausstattung der Ökosysteme. Tagungsbericht der Arbeitsgruppe Ökologie, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft, AG Tagung am 19. u. 20. Oktober 1995 in Göttingen, Heft 7, Mai 1996, S. 157 - 163

SCHÖLLMANN, H. und LENZ, R., 1998: Der Einfluß der Holz- und Streunutzung seit 1815 im ehemaligen Revier Tröstau (Fichtelgebirge) auf den heutigen Bodenzustand. In: GUNDERMANN, E. und BECK, R. (Hrsg.) Forum Forstgeschichte, Ergebnisse des Arbeitskreises Forstgeschichte in Bayern 1997, Forstliche Forschungsberichte München, Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Forstwirtschaft. S. 46 - 72

8 Danksagung

Ich danke

Herrn Prof. Dr. Beese für die Betreuung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Lenz (Roman) für seine Betreuung am Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg bei München (GSF).

den Verantwortlichen der GSF für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes.

Herrn Prof. Dr. Kreuzer für seine Diskussionsbereitschaft und die Überlassung von Literatur, hier vor allem für das Standardwerk der Streunutzung, den „EBERMAYER“.

Herrn Hubertus Habel, der mir wertvolle Tips gab, die mir halfen, mich leichter in die Forstgeschichte des Fichtelgebirges einzuarbeiten.

Herrn Dr. Meyer, ehemaliger Forstamtsleiter des Forstamtes Wunsiedel, für seine Informationen über die jüngere Forstgeschichte des Forstamtes Wunsiedel.

den Mitarbeitern des Forstamtes Wunsiedel für ihr Vertrauen und ihre Unterstützung, ebenso den Mitarbeitern der Forstämter Fichtelberg und Goldkronach.

der Oberforstdirektion Bayreuth und der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising für Ihre Unterstützung.

den Mitarbeitern des Staatsarchivs Bamberg, die für mich viele Wagenladungen Akten aus dem Archiv geholt haben.

meinen Kolleginnen und Kollegen an der GSF, Walter Scheuerer, Eva-Maria Forster, Meeta Sharma, Thomas Seelige und allen anderen, für die gute Zusammenarbeit.

der Firma ESRI für die Überlassung der Software ArcView™ , mit der ich die Karten für diese Arbeit erstellt habe.

meiner Familie, Claudia, Theresa und Christina, für die ich in Zukunft wieder mehr Zeit haben werde.

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name: Schöllmann
Vorname: Hubertus Josef
geboren: 02. Dezember 1962 in Schmallingenberg, NRW

1982 **Abitur**
am Gymnasium "Maria Königin" in Lennestadt/Altenhundem

1982 - 1983 **Bundeswehr**
in Hannover und Nienburg a.d.W.

Studium:

1983 - 1986 **Biologie:**
Studium der Biologie an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

18. 11. 1985 Vordiplom im Studienfach Biologie

1986 - 1992 **Forstwissenschaft:**
Studium der Forstwissenschaft an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

11/86 - 4/87 Praktikum am Staatlichen Forstamt Altenhundem in Lennestadt

20. 03. 1992 Diplom im Studienfach Forstwissenschaft

1993 - 1995 **Geoökologie:**
Promotionsstudiengang an der Universität Bayreuth
(Exmatrikulation wegen Betreuerwechsel)

4/95 – 11/98 **Forstwirtschaft:**
Promotionsstudiengang an der Georg-August-Universität Göttingen

27. 11. 1998 Tag der mündlichen Prüfung

Berufliche Tätigkeiten:

3/92 - 2/93 Lehrbeauftragter an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg für EDV-Ausbildung und Statistische Datenanalyse (Konzeptionierung und Durchführung von Lehrveranstaltungen in DOS, Word und SAS)

3/93 - 2/96 Doktorand beim GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg bei München. Thema der Doktorarbeit: "Ausgewählte Waldnutzungsformen im Fichtelgebirge und ihr Beitrag zur heutigen Ausstattung der Waldökosysteme"

3/96 - 7/97 Weiterführung der Doktorarbeit und Betreuung meiner ersten Tochter

8/97 – 2/98 Mitarbeiter der Firma ABIES Computersysteme GmbH, Göttingen, in der Abteilung Softwareentwicklung im Bereich GIS, Koordinierung und Kundenbetreuung

seit 3/98 Mitarbeiter der Firma ESRI GmbH, Kranzberg, im Bereich Support und Consulting

Unterschleißheim, den 01. Februar 1999

9 Anhang

Tabellen der Bodendaten	184
Allgemeine Angaben: Lage, Vegetation.....	184
Analyseergebnisse der Bodendaten	189
Humusangaben	214
Beispiel eines Streunutzungsplanes.....	216
Depositionskarten von Stickstoff, Schwefel, Kalium, Calcium und Magnesium.....	218
Karten über den Export von Stickstoff, Schwefel, Kalium, Calcium und Magnesium durch Biomasseentnahme	225

PROBE-NR.	LABOR-NR.	TIEFEN-STUFE	X_KOORD	Y_KOORD	DATUM	PROBEN-ART	VEGETATION
11	3122/95	Ol	4501884,000	5539097,500	27.04.95	h	Fi/Ki
12	3123/95	Of	4501884,000	5539097,500	27.04.95	h	Fi/Ki
13	3124/95	Oh	4501884,000	5539097,500	27.04.95	h	Fi/Ki
14	4368/95	0-10	4501884,000	5539097,500	27.04.95	m	Fi/Ki
15	4369/95	10-20	4501884,000	5539097,500	27.04.95	m	Fi/Ki
16	4370/95	20-30	4501884,000	5539097,500	27.04.95	m	Fi/Ki
21	3125/95	Ol	4501917,500	5539069,000	27.04.95	h	Fi/Ki
22	3126/95	Of	4501917,500	5539069,000	27.04.95	h	Fi/Ki
23	3127/95	Oh	4501917,500	5539069,000	27.04.95	h	Fi/Ki
24	4371/95	0-10	4501917,500	5539069,000	27.04.95	m	Fi/Ki
25	4372/95	10-20	4501917,500	5539069,000	27.04.95	m	Fi/Ki
26	4373/95	20-30	4501917,500	5539069,000	27.04.95	m	Fi/Ki
27	4374/95	30-50	4501917,500	5539069,000	27.04.95	m	Fi/Ki
31	3128/95	Ol	4501964,000	5539071,000	27.04.95	h	Fi/Ki
32	3129/95	Of	4501964,000	5539071,000	27.04.95	h	Fi/Ki
33	3130/95	Oh	4501964,000	5539071,000	27.04.95	h	Fi/Ki
34	4375/95	0-10	4501964,000	5539071,000	27.04.95	m	Fi/Ki
35	4376/95	10-20	4501964,000	5539071,000	27.04.95	m	Fi/Ki
36	4377/95	20-30	4501964,000	5539071,000	27.04.95	m	Fi/Ki
37	4378/95	30-50	4501964,000	5539071,000	27.04.95	m	Fi/Ki
41	3131/95	Ol	4501818,500	5538960,500	28.04.95	h	Fi/Ki
42	3132/95	Of	4501818,500	5538960,500	28.04.95	h	Fi/Ki
43	3133/95	Oh	4501818,500	5538960,500	28.04.95	h	Fi/Ki
44	4379/95	0-10	4501818,500	5538960,500	28.04.95	m	Fi/Ki
45	4380/95	10-20	4501818,500	5538960,500	28.04.95	m	Fi/Ki
46	4381/95	20-30	4501818,500	5538960,500	28.04.95	m	Fi/Ki
47	4382/95	30-50	4501818,500	5538960,500	28.04.95	m	Fi/Ki
51	3134/95	Ol	4501770,000	5538917,000	28.04.95	h	Fi/Ki
52	3135/95	Of	4501770,000	5538917,000	28.04.95	h	Fi/Ki
53	3136/95	Oh	4501770,000	5538917,000	28.04.95	h	Fi/Ki
54	4383/95	0-10	4501770,000	5538917,000	28.04.95	m	Fi/Ki
55	4384/95	10-20	4501770,000	5538917,000	28.04.95	m	Fi/Ki
56	4385/95	20-30	4501770,000	5538917,000	28.04.95	m	Fi/Ki
57	4386/95	30-50	4501770,000	5538917,000	28.04.95	m	Fi/Ki
61	3137/95	Ol	4501857,000	5539154,500	28.04.95	h	Fi/Ki
62	3138/95	Of	4501857,000	5539154,500	28.04.95	h	Fi/Ki
63	3139/95	Oh	4501857,000	5539154,500	28.04.95	h	Fi/Ki
64	4387/95	0-10	4501857,000	5539154,500	28.04.95	m	Fi/Ki
65	4388/95	10-20	4501857,000	5539154,500	28.04.95	m	Fi/Ki
66	4389/95	20-30	4501857,000	5539154,500	28.04.95	m	Fi/Ki
67	4390/95	30-50	4501857,000	5539154,500	28.04.95	m	Fi/Ki
71	3140/95	Ol	4501929,000	5539159,500	28.04.95	h	Fi/Ki
72	3141/95	Of	4501929,000	5539159,500	28.04.95	h	Fi/Ki
73	3142/95	Oh	4501929,000	5539159,500	28.04.95	h	Fi/Ki
74	4391/95	0-10	4501929,000	5539159,500	28.04.95	m	Fi/Ki
75	4392/95	10-20	4501929,000	5539159,500	28.04.95	m	Fi/Ki
76	4393/95	20-30	4501929,000	5539159,500	28.04.95	m	Fi/Ki
77	4394/95	30-50	4501929,000	5539159,500	28.04.95	m	Fi/Ki
81	3143/95	Ol	4501887,000	5539215,000	29.04.95	h	Fi/Ki
82	3144/95	Of	4501887,000	5539215,000	29.04.95	h	Fi/Ki
83	3145/95	Oh	4501887,000	5539215,000	29.04.95	h	Fi/Ki
84	4395/95	0-10	4501887,000	5539215,000	29.04.95	m	Fi/Ki
85	4396/95	10-20	4501887,000	5539215,000	29.04.95	m	Fi/Ki
86	4397/95	20-30	4501887,000	5539215,000	29.04.95	m	Fi/Ki
87	4398/95	30-50	4501887,000	5539215,000	29.04.95	m	Fi/Ki
91	3146/95	Ol	4501867,000	5539290,000	29.04.95	h	Fi/Ki
92	3147/95	Of	4501867,000	5539290,000	29.04.95	h	Fi/Ki
93	3148/95	Oh	4501867,000	5539290,000	29.04.95	h	Fi/Ki
94	4399/95	0-10	4501867,000	5539290,000	29.04.95	m	Fi/Ki
95	4400/95	10-20	4501867,000	5539290,000	29.04.95	m	Fi/Ki
96	4401/95	20-30	4501867,000	5539290,000	29.04.95	m	Fi/Ki

PROBE-NR.	LABOR-NR.	TIEFEN-STUFE	X_KOORD	Y_KOORD	DATUM	PROBEN-ART	VEGETATION
97	4402/95	30-50	4501867,000	5539290,000	29.04.95	m	Fi/Ki
101	3149/95	OI	4501882,000	5539377,000	29.04.95	h	Fi/Ki
102	3150/95	Of	4501882,000	5539377,000	29.04.95	h	Fi/Ki
103	3151/95	Oh	4501882,000	5539377,000	29.04.95	h	Fi/Ki
104	4403/95	0-10	4501882,000	5539377,000	29.04.95	m	Fi/Ki
105	4404/95	10-20	4501882,000	5539377,000	29.04.95	m	Fi/Ki
106	4405/95	20-30	4501882,000	5539377,000	29.04.95	m	Fi/Ki
107	4406/95	30-50	4501882,000	5539377,000	29.04.95	m	Fi/Ki
111	3152/95	OI	4501584,000	5539467,500	02.05.95	h	Fi/Ki
112	3153/95	Of	4501584,000	5539467,500	02.05.95	h	Fi/Ki
113	3154/95	Oh	4501584,000	5539467,500	02.05.95	h	Fi/Ki
114	4407/95	0-10	4501584,000	5539467,500	02.05.95	m	Fi/Ki
115	4408/95	10-20	4501584,000	5539467,500	02.05.95	m	Fi/Ki
116	4409/95	20-30	4501584,000	5539467,500	02.05.95	m	Fi/Ki
117	4410/95	30-50	4501584,000	5539467,500	02.05.95	m	Fi/Ki
121	3155/95	OI	4501704,500	5539434,000	02.05.95	h	Fi/Ki
122	3156/95	Of	4501704,500	5539434,000	02.05.95	h	Fi/Ki
123	3157/95	Oh	4501704,500	5539434,000	02.05.95	h	Fi/Ki
124	4411/95	0-10	4501704,500	5539434,000	02.05.95	m	Fi/Ki
125	4412/95	10-20	4501704,500	5539434,000	02.05.95	m	Fi/Ki
126	4413/95	20-30	4501704,500	5539434,000	02.05.95	m	Fi/Ki
127	4414/95	30-50	4501704,500	5539434,000	02.05.95	m	Fi/Ki
131	3158/95	OI	4501793,500	5539454,000	02.05.95	h	Fi/Ki
132	3159/95	Of	4501793,500	5539454,000	02.05.95	h	Fi/Ki
133	3160/95	Oh	4501793,500	5539454,000	02.05.95	h	Fi/Ki
134	4415/95	0-10	4501793,500	5539454,000	02.05.95	m	Fi/Ki
135	4416/95	10-20	4501793,500	5539454,000	02.05.95	m	Fi/Ki
136	4417/95	20-30	4501793,500	5539454,000	02.05.95	m	Fi/Ki
137	4418/95	30-50	4501793,500	5539454,000	02.05.95	m	Fi/Ki
141	3161/95	OI	4501654,500	5539338,500	03.05.95	h	Fi/Ki
142	3162/95	Of	4501654,500	5539338,500	03.05.95	h	Fi/Ki
143	3163/95	Oh	4501654,500	5539338,500	03.05.95	h	Fi/Ki
144	4419/95	0-10	4501654,500	5539338,500	03.05.95	m	Fi/Ki
145	4420/95	10-20	4501654,500	5539338,500	03.05.95	m	Fi/Ki
146	4421/95	20-30	4501654,500	5539338,500	03.05.95	m	Fi/Ki
147	4422/95	30-50	4501654,500	5539338,500	03.05.95	m	Fi/Ki
148	4423/95	50-70	4501654,500	5539338,500	03.05.95	m	Fi/Ki
151	3164/95	OI	4501698,000	5539144,500	03.05.95	h	Fi/Ki
152	3165/95	Of	4501698,000	5539144,500	03.05.95	h	Fi/Ki
153	3166/95	Oh	4501698,000	5539144,500	03.05.95	h	Fi/Ki
154	4424/95	0-10	4501698,000	5539144,500	03.05.95	m	Fi/Ki
155	4425/95	10-20	4501698,000	5539144,500	03.05.95	m	Fi/Ki
156	4426/95	20-30	4501698,000	5539144,500	03.05.95	m	Fi/Ki
157	4427/95	30-50	4501698,000	5539144,500	03.05.95	m	Fi/Ki
161	3167/95	OI	4501641,000	5538992,000	03.05.95	h	Fi/Ki
162	3168/95	Of	4501641,000	5538992,000	03.05.95	h	Fi/Ki
163	3169/95	Oh	4501641,000	5538992,000	03.05.95	h	Fi/Ki
164	4428/95	0-10	4501641,000	5538992,000	03.05.95	m	Fi/Ki
165	4429/95	10-20	4501641,000	5538992,000	03.05.95	m	Fi/Ki
166	4430/95	20-30	4501641,000	5538992,000	03.05.95	m	Fi/Ki
167	4431/95	30-50	4501641,000	5538992,000	03.05.95	m	Fi/Ki
168	4432/95	50-70	4501641,000	5538992,000	03.05.95	m	Fi/Ki
171	3170/95	OI	4501656,000	5539077,500	03.05.95	h	Fi/Ki
172	3171/95	Of	4501656,000	5539077,500	03.05.95	h	Fi/Ki
173	3172/95	Oh	4501656,000	5539077,500	03.05.95	h	Fi/Ki
174	4433/95	0-10	4501656,000	5539077,500	03.05.95	m	Fi/Ki
175	4434/95	10-20	4501656,000	5539077,500	03.05.95	m	Fi/Ki
176	4435/95	20-30	4501656,000	5539077,500	03.05.95	m	Fi/Ki
177	4436/95	30-50	4501656,000	5539077,500	03.05.95	m	Fi/Ki
181	3173/95	OI	4501534,000	5539471,000	03.05.95	h	Fi/Ki
182	3174/95	Of	4501534,000	5539471,000	03.05.95	h	Fi/Ki

PROBE-NR.	LABOR-NR.	TIEFEN-STUFE	X_KOORD	Y_KOORD	DATUM	PROBEN-ART	VEGETATION
367	4504/95	30-50	4493988,000	5541939,000	09.05.95	m	Fi
371	3230/95	OI	4493812,500	5541957,500	09.05.95	h	Fi
372	3231/95	Of	4493812,500	5541957,500	09.05.95	h	Fi
373	3232/95	Oh	4493812,500	5541957,500	09.05.95	h	Fi
374	4505/95	0-10	4493812,500	5541957,500	09.05.95	m	Fi
375	4506/95	10-20	4493812,500	5541957,500	09.05.95	m	Fi
376	4507/95	20-30	4493812,500	5541957,500	09.05.95	m	Fi
377	4508/95	30-50	4493812,500	5541957,500	09.05.95	m	Fi
381	3233/95	OI	4493596,000	5542186,000	10.05.95	h	Fi (Ki)
382	3234/95	Of	4493596,000	5542186,000	10.05.95	h	Fi (Ki)
383	3235/95	Oh	4493596,000	5542186,000	10.05.95	h	Fi (Ki)
384	4509/95	0-10	4493596,000	5542186,000	10.05.95	m	Fi (Ki)
385	4510/95	10-20	4493596,000	5542186,000	10.05.95	m	Fi (Ki)
386	4511/95	20-30	4493596,000	5542186,000	10.05.95	m	Fi (Ki)
387	4512/95	30-50	4493596,000	5542186,000	10.05.95	m	Fi (Ki)
388	4513/95	50-70	4493596,000	5542186,000	10.05.95	m	Fi (Ki)
391	3236/95	OI	4492713,000	5543717,500	10.05.95	h	Fi (Ki)
392	3237/95	Of	4492713,000	5543717,500	10.05.95	h	Fi (Ki)
393	3238/95	Oh	4492713,000	5543717,500	10.05.95	h	Fi (Ki)
394	4514/95	0-10	4492713,000	5543717,500	10.05.95	m	Fi (Ki)
395	4515/95	10-20	4492713,000	5543717,500	10.05.95	m	Fi (Ki)
396	4516/95	20-30	4492713,000	5543717,500	10.05.95	m	Fi (Ki)
397	4517/95	30-50	4492713,000	5543717,500	10.05.95	m	Fi (Ki)
398	4518/95	50-70	4492713,000	5543717,500	10.05.95	m	Fi (Ki)
401	3239/95	OI	4492963,000	5543816,500	10.05.95	h	Fi/Ki
402	3240/95	Of	4492963,000	5543816,500	10.05.95	h	Fi/Ki
403	3241/95	Oh	4492963,000	5543816,500	10.05.95	h	Fi/Ki
404	4519/95	0-10	4492963,000	5543816,500	10.05.95	m	Fi/Ki
405	4520/95	10-20	4492963,000	5543816,500	10.05.95	m	Fi/Ki
406	4521/95	20-30	4492963,000	5543816,500	10.05.95	m	Fi/Ki
407	4522/95	30-50	4492963,000	5543816,500	10.05.95	m	Fi/Ki
408	4523/95	50-70	4492963,000	5543816,500	10.05.95	m	Fi/Ki
411	3242/95	OI	4493574,500	5543702,000	11.05.95	h	Fi/Ki
412	3243/95	Of	4493574,500	5543702,000	11.05.95	h	Fi/Ki
413	3244/95	Oh	4493574,500	5543702,000	11.05.95	h	Fi/Ki
414	4524/95	0-10	4493574,500	5543702,000	11.05.95	m	Fi/Ki
415	4525/95	10-20	4493574,500	5543702,000	11.05.95	m	Fi/Ki
416	4526/95	20-30	4493574,500	5543702,000	11.05.95	m	Fi/Ki
417	4527/95	30-50	4493574,500	5543702,000	11.05.95	m	Fi/Ki
418	4528/95	50-70	4493574,500	5543702,000	11.05.95	m	Fi/Ki

PROBE-NR.	LABOR-NR.	TIEFEN-STUFE	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	GAELA C	GAELA N	GAELA P	GAELA S	GAELA NA	GAELA K	GAELA CA
					g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS
363	P0322995	Oh	4,31	3,53	388,1	14,72	0,85	1,88	0,15	1,61	6,59
364	B0450195	0-10	3,91	3,21	37,6	1,74	0,28	0,26	0,21	4,13	1,18
365	B0450295	10-20	4,34	3,87	17,7	0,86	0,30	0,24	0,24	5,56	0,77
366	B0450395	20-30	4,36	4,06	8,3	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
367	B0450495	30-50	4,32	4,03	4,9	0,00	0,74	0,51	0,41	7,21	0,98
371	P0323095	Ol	4,6	4,03	480,7	12,57	0,76	1,24	0,11	1,84	7,01
372	P0323195	Of	5,65	5,02	472,1	18,98	0,98	2,25	0,16	1,24	23,48
373	P0323295	Oh	4,98	4,26	492,7	15,88	0,73	2,11	0,11	0,91	13,25
374	B0450595	0-10	4,18	3,53	37,2	1,41	0,96	0,71	0,42	9,05	0,59
375	B0450695	10-20	4,52	4,04	23,0	0,91	1,16	1,05	0,45	10,65	0,62
376	B0450795	20-30	4,53	4,29	19,8	0,78	0,64	0,73	0,55	14,59	1,13
377	B0450895	30-50	4,45	4,11	6,2	0,00	0,56	0,59	0,40	7,77	0,62
381	P0323395	Ol	4,31	3,6	503,4	13,65	0,67	1,31	0,08	1,58	4,08
382	P0323495	Of	3,89	3,02	484,4	17,64	0,78	2,13	0,10	1,06	2,29
383	P0323595	Oh	3,47	2,72	439,5	14,27	0,60	1,82	0,10	1,14	2,34
384	B0450995	0-10	3,84	3,2	47,3	1,91	0,62	0,61	0,45	9,42	0,58
385	B0451095	10-20	4,16	3,69	22,1	0,93	0,63	0,81	0,43	9,09	0,56
386	B0451195	20-30	4,23	4	13,7	0,60	0,51	0,64	0,43	9,29	0,57
387	B0451295	30-50	4,31	4,04	8,7	0,38	0,49	0,61	0,45	11,10	0,63
388	B0451395	50-70	4,33	3,95	4,1	0,00	0,44	0,61	0,43	7,00	0,28
391	P0323695	Ol	4,18	3,48	703,5	22,73	0,99	1,59	0,08	1,95	2,20
392	P0323795	Of	3,75	2,91	501,0	20,19	1,00	2,25	0,10	1,04	1,48
393	P0323895	Oh	3,44	2,66	456,0	17,71	0,80	2,04	0,11	1,26	1,20
394	B0451495	0-10	3,66	2,77	65,0	2,55	0,66	0,35	0,37	7,05	0,18
395	B0451595	10-20	4	3,39	28,3	1,23	1,08	0,50	0,38	8,05	0,31
396	B0451695	20-30	4,28	3,76	31,1	1,24	2,33	0,77	0,36	8,81	0,66
397	B0451795	30-50	4,55	4,13	57,2	2,11	1,25	0,50	0,38	10,14	0,82
398	B0451895	50-70	4,69	4,33	30,4	1,13	0,33	0,37	0,36	7,98	0,24
401	P0323995	Ol	4,05	3,33	515,3	14,86	0,77	1,48	0,00	1,15	2,63
402	P0324095	Of	3,79	2,9	499,0	18,42	0,81	2,19	0,07	0,95	1,61
403	P0324195	Oh	3,42	2,64	456,2	14,59	0,64	1,91	0,09	1,09	1,52
404	B0451995	0-10	3,83	3,03	33,8	1,40	0,33	0,27	0,37	10,14	0,16
405	B0452095	10-20	4,23	3,6	12,2	0,55	0,85	0,45	0,42	12,43	0,29
406	B0452195	20-30	4,36	3,82	22,1	0,85	0,69	0,73	0,51	12,60	1,34
407	B0452295	30-50	4,3	3,98	20,7	0,77	0,51	0,25	0,25	6,78	0,19
408	B0452395	50-70	4,38	4,21	6,9	0,00	0,34	0,24	0,25	6,51	0,21
411	P0324295	Ol	4,34	3,8	493,0	15,39	1,04	1,49	0,05	2,42	3,95
412	P0324395	Of	3,96	3,08	503,1	18,86	0,90	2,24	0,09	1,15	2,76
413	P0324495	Oh	3,54	2,72	489,9	16,31	0,61	2,18	0,08	0,99	2,26
414	B0452495	0-10	3,78	3,25	64,7	1,98	0,35	0,31	0,22	4,37	0,44
415	B0452595	10-20	4,43	4,08	15,4	0,76	0,31	0,23	0,23	4,96	0,41
416	B0452695	20-30	4,4	4,23	12,1	0,69	0,53	0,60	0,27	6,53	0,52
417	B0452795	30-50	4,35	4,16	4,4	0,38	0,44	0,35	0,25	7,01	0,51
418	B0452895	50-70	4,32	4,12	0,0	0,00	0,53	0,45	0,26	7,52	0,58

PROBE-NR.	GAELA MG g/kg TS	GAELA MN g/kg TS	GAELA FE g/kg TS	GAELA AL g/kg TS	XBELA NA	XBELA K	XBELA CA	XBELA MG	XBELA MN	XBELA FE
363	1,55	0,13	7,77	9,91	0,3	2	16,2	6,3	0,2	20,6
364	1,54	0,14	16,28	12,92	0,3	4	2,2	4,8	0,2	33,4
365	2,57	0,29	10,98	18,76	0,3	4,6	1,2	6,9	0,3	19,1
366	0,00	0,00	25,80	43,82	1,00E-20	1,00E-20	1,00E-20	1,00E-20	1,00E-20	22,1
367	2,32	0,14	25,65	42,58	0,3	2,8	0,7	2,9	0,1	21
371	0,91	0,37	2,76	4,00	0,4	4,3	32,3	6,9	1,2	13,7
372	5,54	0,64	5,41	6,72	0,2	1,2	43	16,7	0,8	10,7
373	3,03	0,04	5,27	5,68	0,2	1,3	35,7	13,5	0,1	15,3
374	3,21	0,32	41,23	22,98	0,3	4,3	0,6	5	0,2	41,6
375	3,96	0,32	46,29	24,61	0,3	4,6	0,5	5,5	0,2	42,3
376	8,59	0,46	51,53	33,20	0,3	4,9	0,7	9,3	0,2	36,2
377	2,10	0,19	22,92	40,98	0,3	3,2	0,5	2,8	0,1	19,8
381	0,40	0,27	1,69	2,27	0,5	6,4	32,1	5,2	1,6	14,3
382	0,46	0,11	4,07	5,42	0,4	2,7	11,3	3,8	0,4	21,7
383	0,44	0,06	5,03	7,25	0,3	2,3	9,2	2,9	0,2	21,3
384	3,16	0,33	44,25	26,47	0,3	4,1	0,5	4,4	0,2	40,4
385	3,24	0,30	42,30	32,92	0,3	3,6	0,4	4,1	0,2	35
386	3,06	0,35	21,85	35,73	0,3	4,2	0,5	4,4	0,2	20,6
387	4,77	0,57	44,35	31,70	0,3	4,3	0,5	5,9	0,3	35,8
388	0,76	0,10	21,40	38,32	0,3	3,1	0,2	1,1	0,1	20,2
391	0,33	0,14	1,76	2,41	0,6	8,9	19,7	4,9	0,9	16,9
392	0,39	0,07	3,80	4,59	0,5	3,1	8,6	3,8	0,3	23,9
393	0,34	0,04	4,18	7,06	0,4	2,8	5,3	2,5	0,1	19,8
394	1,07	0,13	20,00	37,07	0,3	3,3	0,2	1,6	0,1	19,6
395	1,83	0,18	26,63	52,00	0,2	2,7	0,2	2	0,1	18,8
396	3,16	0,25	37,45	27,36	0,3	4	0,6	4,6	0,2	36
397	3,83	0,29	34,76	39,41	0,2	3,8	0,6	4,6	0,2	27,1
398	0,82	0,16	14,36	35,39	0,3	4,1	0,2	1,3	0,1	15,4
401	0,35	0,13	1,46	2,16	1,00E-20	5,7	25,5	5,6	0,9	15,3
402	0,40	0,07	3,45	4,66	0,3	2,9	9,5	3,8	0,3	21,9
403	0,32	0,04	4,08	6,46	0,4	2,6	7,1	2,4	0,1	20,4
404	0,89	0,24	14,31	44,90	0,3	4,2	0,1	1,2	0,1	12,5
405	1,75	0,28	28,07	23,28	0,4	6,9	0,3	3,1	0,2	32,8
406	7,80	0,56	53,26	34,38	0,3	4,2	0,9	8,3	0,3	36,9
407	1,12	0,14	15,82	19,06	0,3	5,3	0,3	2,8	0,2	26,1
408	1,18	0,15	14,69	35,01	0,2	3,3	0,2	2	0,1	15,9
411	0,66	1,22	1,90	2,73	0,3	8,1	25,7	7,1	5,8	13,3
412	0,49	0,46	3,32	4,20	0,5	3,4	15,8	4,6	1,9	20,4
413	0,40	0,10	4,09	5,77	0,3	2,4	10,8	3,1	0,4	21,1
414	1,44	0,29	18,29	26,74	0,2	2,6	0,5	2,8	0,2	23,2
415	1,74	0,65	18,68	30,57	0,2	2,7	0,4	3	0,5	21,2
416	2,94	0,51	26,04	43,70	0,2	2,5	0,4	3,6	0,3	20,8
417	3,34	0,37	22,68	39,22	0,2	2,9	0,4	4,5	0,2	20
418	3,98	0,41	26,19	42,51	0,2	2,9	0,4	4,9	0,2	21

PROBE-NR.	XBELA AL	GAELA ZN g/kg TS	GAELA CU g/kg TS	GAELA CD g/kg TS	GAELA PB g/kg TS	AKE mmolc/kg	AI mmolc IÄ/kg
363	54,3	0,0500226	0,0161424	0,000467894	0,144869		
364	54,9	0,040999	0,00501931	5,79E-05	0,0321429	120,479	77,386
365	67,5	0,0669445	0,00743882	7,53E-05	0,0184557	82,57	75,607
366	77,9	1,00E-20	0,00910716	5,36E-05	0,0151786	63,894	60,041
367	72,2	0,0481568	0,00972222	3,97E-05	0,0142857	65,043	60,931
371	41,1	0,0582828	0,00864817	0,000340096	0,0247784		
372	27,4	0,105171	0,0183991	0,00126891	0,119869		
373	34	0,0296258	0,0154069	0,000375779	0,128049		
374	48	0,086958	0,00305344	1,91E-05	0,0343511	106,38	73,828
375	46,5	0,115721	0,00354331	5,91E-05	0,0281496	76,954	66,712
376	48,3	0,147113	0,00351563	3,91E-05	0,0208984	49,198	44,475
377	73,3	0,0504943	0,00471698	3,77E-05	0,0158491	61,443	57,373
381	39,9	0,0439788	0,00785371	0,000343599	0,0260154		
382	59,7	0,0500433	0,0145605	0,000390887	0,100653		
383	63,7	0,059405	0,0160283	0,000452207	0,157012		
384	50	0,0691276	0,00358566	3,98E-05	0,0320717	115,834	89,394
385	56,4	0,0771236	0,00308881	3,86E-05	0,0196911	98,045	89,839
386	69,8	0,0715656	0,00337302	1,98E-05	0,0160714	69,357	64,933
387	53	0,0869292	0,00290457	1,00E-20	0,00954357	60,665	58,262
388	74,9	0,039136	0,0046	2,00E-05	0,0102	62,859	60,041
391	48,1	0,0429936	0,00904609	0,000366027	0,0303281		
392	59,7	0,0493627	0,0168104	0,000536503	0,115411		
393	69,1	0,062908	0,0140249	0,00107099	0,184257		
394	75	0,0389331	0,00314961	5,91E-05	0,00925198	114,666	63,154
395	76	0,0536822	0,00222672	4,05E-05	0,0135628	92,641	83,168
396	54,3	0,0785554	0,00286885	4,10E-05	0,0129098	98,681	93,397
397	63,6	0,093447	0,00408163	8,16E-05	0,0163265	100,857	96,066
398	78,5	0,0552664	0,00393013	4,37E-05	0,0117904	45,227	43,141
401	46,9	0,0412726	0,00839112	0,000355987	0,0259363		
402	61,2	0,0607507	0,0162285	0,000583376	0,10932		
403	67	0,0736277	0,0151287	0,000816606	0,158348		
404	81,5	0,061975	0,00416667	6,25E-05	0,00937499	106,943	88,06
405	56,3	0,0856655	0,00364807	1,00E-20	0,00622317	63,118	60,486
406	49,3	0,170844	0,00602679	2,23E-05	0,00982143	95,765	91,618
407	65	0,0434772	0,00714289	4,96E-05	0,00992063	85,558	81,389
408	78,3	0,0417423	0,00823645	2,91E-05	0,00668605	40,428	38,248
411	39,6	0,0587986	0,0106707	0,000366151	0,0251075		
412	53,5	0,0698618	0,0137927	0,000728485	0,102692		
413	61,8	0,0923976	0,0127346	0,00107833	0,142104		
414	70,3	0,0602407	0,00618861	0,000108055	0,0284873	168,597	144,543
415	71,9	0,0680403	0,00485075	3,73E-05	0,013806	64,16	60,931
416	72,3	0,103911	0,00693071	4,95E-05	0,0146535	52,18	49,812
417	71,7	0,0992057	0,0084112	6,54E-05	0,0138318	46,97	44,92
418	70,5	0,144226	0,0114087	8,93E-05	0,0154762	51,599	49,367

PROBE-NR.	Ca mmolc IÄ/kg	Fe mmolc IÄ/kg	H mmolc IÄ/kg	K mmolc IÄ/kg	Mg mmolc IÄ/kg	Mn mmolc IÄ/kg	Na mmolc IÄ/kg
11							
12							
13							
14	2,495	14,375	15,456	1,166	8,821	0,379	0,505
15	1,297	0,623	0	1,207	2,172	0,757	0,383
16	0,958	0,107	0	1,238	1,514	0,699	0,365
21							
22							
23							
24	1,577	11,388	12,813	0,778	1,448	0,655	0,505
25	1,098	0,236	0	0,859	0,691	1,398	0,4
26	0,719	0	0	1,013	0,592	0,714	0,348
27	0,619	0	0	0,992	0,527	0,466	0,331
31							
32							
33							
34	1,597	7,671	9,459	1,084	5,299	0,801	0,487
35	0,818	0,645	0	0,921	0,724	0,379	0,4
36	0,758	0,15	0	0,818	0,724	0,845	0,365
37	0,898	0	0	0,962	0,691	0,495	0,296
41							
42							
43							
44	3,154	7,929	13,452	1,054	1,942	0,859	0,574
45	1,357	0,258	2,544	0,409	0,79	1,136	0,244
46	2,196	0,086	1,683	0,645	1,35	2,257	0,505
47	1,956	0,107	4,469	0,604	0,987	1,471	0,487
51							
52							
53							
54	1,577	7,069	9,44	1,105	1,481	1,427	0,505
55	2,236	0	0	0,737	1,415	0,786	0,331
56	0,858	0	0	0,706	0,691	0,612	0,331
57	1,178	0	0	0,665	1,251	0,451	0,331
61							
62							
63							
64	2,555	8,616	8,285	1,054	6,616	0,83	0,487
65	0,778	0,408	0	0,859	1,613	0,524	0,365
66	0,878	0	0	0,706	0,79	0,277	0,348
67	0,539	0	0	0,788	0,79	0,262	0,313
71							
72							
73							
74	2,016	9,82	12,822	0,951	3,094	1,544	0,47
75	1,337	0,516	0	0,798	1,119	1,267	0,365
76	1,617	0	0	0,778	0,856	0,655	0,278
77	0,639	0	0	0,829	0,724	0,466	0,278
81							
82							
83							
84	1,257	8,466	11,229	0,87	1,481	1,369	0,47
85	0,798	0,279	0	0,767	0,823	1,048	0,365
86	0,499	0	0	0,675	0,592	0,597	0,296
87	0,539	0	0	0,593	0,527	0,655	0,296
91							
92							
93							
94	1,637	11,882	15,859	0,951	2,074	0,947	0,557
95	0,699	0,279	0	0,706	0,823	1,252	0,348

PROBE-NR.	Ca mmolc IÄ/kg	Fe mmolc IÄ/kg	H mmolc IÄ/kg	K mmolc IÄ/kg	Mg mmolc IÄ/kg	Mn mmolc IÄ/kg	Na mmolc IÄ/kg
96	0,619	0	0	0,675	0,724	0,874	0,296
97	0,459	0	0	0,716	0,395	0,437	0,278
101							
102							
103							
104	1,896	6,618	9,035	0,859	3,357	1,995	0,452
105	2,335	0,301	0	0,972	1,251	1,034	0,331
106	0,699	0	0	1,105	0,922	0,495	0,296
107	0,599	0	0	1,177	0,955	0,437	0,348
111							
112							
113							
114	4,152	8,466	17,658	1,443	8,328	0,451	0,609
115	0,858	0,752	0	1,166	1,744	0,99	0,365
116	0,719	0	0	1,381	0,987	0,917	0,365
117	0,739	0	0	1,217	0,724	0,568	0,296
121							
122							
123							
124	2,774	7,22	12,972	0,706	4,707	0,306	0,418
125	0,758	0,172	0	0,675	1,086	0,582	0,244
126	0,439	0	0	0,624	0,527	0,437	0,191
127	0,559	0	0	0,419	0,592	0,32	0,191
131							
132							
133							
134	0,998	7,585	15,142	0,726	1,185	0,466	0,278
135	0,399	1,16	0	0,737	0,428	0,466	0,244
136	0,299	0	0	0,675	0,263	0,146	0,174
137	1,357	0	0	0,696	0,494	0,277	0,174
141							
142							
143							
144	3,792	6,511	12,233	0,808	5,431	0,335	0,296
145	0,998	0,215	0	0,808	1,481	0,568	0,226
146	0,679	0	0	0,778	0,955	0,306	0,139
147	0,359	0	0	0,552	0,428	0,175	0,157
148	0,559	0	0	0,532	0,658	0,087	0,226
151							
152							
153							
154	4,451	10,421	14,643	1,095	6,846	0,146	0,348
155	1,078	0,924	0,721	0,982	1,35	0,233	0,261
156	1,218	0,623	0	0,982	1,053	0,175	0,313
157	0,758	0	0	0,89	0,691	0,306	0,209
161							
162							
163							
164	18,323	4,985	6,574	1,258	1,514	0,772	0,348
165	1,916	0,15	0	0,951	0,362	0,379	0,226
166	0,659	0	0	0,788	0,329	0,451	0,209
167	0,579	0	0	0,665	0,263	0,408	0,244
168	1,018	0	0	0,593	0,263	0,32	0,244
171							
172							
173							
174	1,357	6,511	10,882	0,89	1,317	1,383	0,383
175	0,699	0,15	0,184	0,696	0,428	1,034	0,244
176	0,499	0	0	0,829	0,263	0,481	0,191
177	0,499	0	0	0,726	0,296	0,67	0,226

PROBE-NR.	Ca mmolc IÄ/kg	Fe mmolc IÄ/kg	H mmolc IÄ/kg	K mmolc IÄ/kg	Mg mmolc IÄ/kg	Mn mmolc IÄ/kg	Na mmolc IÄ/kg
181							
182							
183							
184	4,371	9,583	14,244	1,402	10,269	0,539	0,435
185	1,238	0,301	0	1,003	2,139	0,874	0,261
186	0,619	0	0	0,716	0,428	0,306	0,226
187	0,679	0	0	0,685	0,329	0,233	0,209
191							
192							
193							
194	0,758	9,82	9,386	0,982	1,053	0,218	0,278
195	0,419	0,859	0	0,849	0,329	0,16	0,122
196	0,339	0,494	0	0,808	0,23	0,102	0,209
197	0,419	0	0	0,43	0	0,102	0,122
201							
202							
203							
204	0,878	8,96	12,809	0,921	0,955	0,32	0,226
205	0,599	0,086	0,205	0,767	0,395	1,15	0,191
206	0,439	0	0	0,604	0,296	0,451	0,139
207	0,379	0	0	0,778	0,23	0,248	0,122
211	1,41	2,27	3,14	0,85	1,53	0,65	0,31
212							
213							
214	2,236	5,866	26,99	0,982	0,757	0,044	0,313
215	1,397	6,962	7,301	0,716	0,56	0,058	0,226
216	2,555	4,426	3,411	1,166	0,922	0,087	0,4
217	1,437	1,461	2,039	0,767	0,494	0,044	0,331
221							
222							
223							
224	25,489	5,092	12,335	1,258	11,619	0,116	0,522
225	2,295	1,332	0	0,645	1,777	0,058	0,261
226	0,559	1,461	0	0,808	0,296	0,175	0,191
227	0,958	1,612	0	0,88	0,461	0,218	0,209
231							
232							
233							
234	6,886	7,456	12,954	1,125	1,317	0,233	0,4
235	2,555	2,106	0	0,88	0,592	0,626	0,331
236	1,098	0,451	0	0,982	0,329	0,146	0,244
237	0,419	0	0	0,921	0	0,146	0,139
241							
242							
243							
244	11,876	13,322	28,954	1,381	3,522	0,204	0,487
245	1,956	7,456	1,61	1,033	1,218	0,277	0,365
246	1,098	0,988	0	1,095	0,592	0,553	0,278
251							
252							
253							
254	11,397	4,641	12,964	1,033	3,259	0,087	0,418
255	3,014	4,856	6,333	0,911	1,218	0,058	0,313
256	1,976	6,919	2,571	0,931	0,724	0,058	0,331
261							
262							
263							
264	5,309	7,198	12,929	1,258	1,547	0,364	0,296
265	1,078	2,621	0	1,003	0,494	0,626	0,209
266	0,619	0,344	0	0,89	0,23	0,248	0,157

PROBE-NR.	Ca mmolc IÄ/kg	Fe mmolc IÄ/kg	H mmolc IÄ/kg	K mmolc IÄ/kg	Mg mmolc IÄ/kg	Mn mmolc IÄ/kg	Na mmolc IÄ/kg
267	0,419	0	0	0,757	0,165	0,16	0,122
268	0,639	0	0	0,726	0,23	0,058	0,157
271							
272							
273							
274	21,118	12,699	17,715	1,156	14,252	0,116	0,331
275	7,545	7,112	2,646	1,545	5,892	0,233	0,244
281							
282							
283							
284	5,449	7,306	31,931	1,616	1,284	0,16	0,348
285	1,238	2,772	0	0,696	0,362	0,437	0,157
286	3,054	0,645	0	0,645	0,263	0,262	0,157
291							
292							
293							
294	3,832	8,96	14,685	1,207	1,481	0,553	0,278
295	0,898	1,053	0	0,931	0,461	0,422	0,191
296	0,599	0,172	0	1,074	0,296	0,408	0,191
297	0,479	0	0	1,105	0,329	0,335	0,157
301							
302							
303							
304	7,804	4,426	4,729	0,951	4,411	1,442	0,278
305	1,457	0,301	0	0,992	1,119	1,413	0,209
306	0,938	0	0	0,951	0,592	0,714	0,191
307	0,758	0	0	0,9	0,494	0,655	0,209
311							
312							
313							
314	10,619	5,93	3,793	1,555	3,39	0,481	0,365
315	1,796	0,859	0	1,033	0,79	0,51	0,313
316	0,978	0,15	0	1,391	0,362	0,146	0,226
321							
322							
323							
324	28,164	4,921	22,768	1,31	11,059	0,058	0,505
325	5,908	2,084	0	0,921	3,522	0,262	0,296
326	0,659	0,688	0	0,839	0,263	0,087	0,226
331							
332							
333							
334	6,287	2,235	26,369	1,033	0,889	0,058	0,418
335	1,956	6,94	16,334	0,808	0,56	0,029	0,383
336	4,032	29,051	3,333	0,624	1,35	0,16	0,435
341							
342							
343							
344	3,892	5,565	6,707	1,412	1,744	0,073	0,348
345	1,317	8,122	0	1,422	0,79	0,044	0,261
346	0,918	1,762	0	1,146	0,395	0,029	0,226
347	0,838	0,559	0	0,9	0,263	0,073	0,191
351							
352							
353							
354	20,18	3,524	14,199	1,228	4,509	2,636	0,418
355	1,697	1,676	0	1,105	0,658	0,51	0,226
356	0,878	0,086	0	1,248	0,263	0,335	0,313
361							
362							

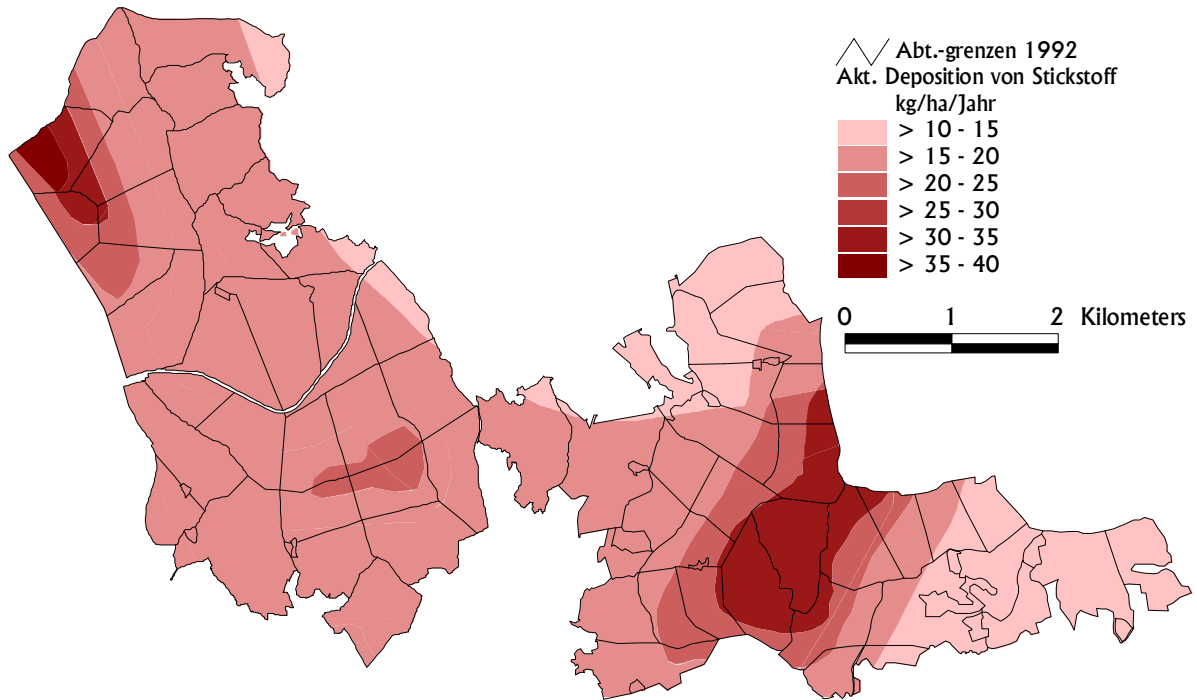
PROBE-NR.	Ca mmolc IÄ/kg	Fe mmolc IÄ/kg	H mmolc IÄ/kg	K mmolc IÄ/kg	Mg mmolc IÄ/kg	Mn mmolc IÄ/kg	Na mmolc IÄ/kg
363							
364	9,421	9,734	15,561	1,217	6,517	0,277	0,365
365	1,776	0,924	0	1,228	1,679	1,078	0,278
366	0,858	0,129	0	1,34	0,79	0,51	0,226
367	0,978	0,172	0	1,473	0,955	0,291	0,244
371							
372							
373							
374	10,319	6,081	6,296	1,013	8,36	0,116	0,365
375	2,994	1,74	0	1,033	3,456	0,757	0,261
376	1,098	1,031	0	1,013	1,119	0,218	0,244
377	0,778	0,086	0	1,586	1,185	0,175	0,261
381							
382							
383							
384	4,511	7,585	10,962	1,473	1,086	0,422	0,4
385	1,856	2,729	0,296	1,289	0,56	1,18	0,296
386	1,118	0,924	0	1,258	0,329	0,568	0,226
387	0,599	0	0	0,972	0,23	0,393	0,209
388	0,719	0	0	1,064	0,296	0,495	0,244
391							
392							
393							
394	3,333	5,415	39,631	1,535	1,02	0,073	0,505
395	0,818	4,383	2,927	0,645	0,395	0,044	0,261
396	1,118	2,793	0	0,665	0,362	0,102	0,244
397	0,938	2,364	0	0,634	0,56	0,087	0,209
398	0,659	0,709	0	0,481	0	0,029	0,209
401							
402							
403							
404	2,635	3,76	10,086	1,269	0,724	0,044	0,365
405	0,938	0,58	0	0,624	0,263	0	0,226
406	1,098	1,697	0	0,798	0,263	0,029	0,261
407	0,719	2,149	0	0,818	0,23	0,044	0,209
408	0,699	0,193	0	0,798	0,263	0	0,226
411							
412							
413							
414	2,675	6,79	9,748	1,095	1,119	2,228	0,4
415	0,579	0,193	0	0,696	0,329	1,223	0,209
416	0,399	0	0	0,921	0,23	0,626	0,191
417	0,339	0	0	0,962	0,165	0,393	0,191
418	0,519	0	0	1,033	0,197	0,291	0,191

PROBE-NR.	Al %-AKe	Ca %-AKe	Fe %-AKe	H %-AKe	K %-AKe	Mg %-AKe	Mn %-AKe	Na %-AKe	BS %
11									
12									
13									
14	70,76	1,69	9,73	10,46	0,79	5,97	0,26	0,34	8,79
15	91,25	1,76	0,85	0,00	1,64	2,95	1,03	0,52	6,87
16	92,73	1,43	0,16	0,00	1,84	2,25	1,04	0,54	6,07
21									
22									
23									
24	78,95	1,14	8,22	9,25	0,56	1,04	0,47	0,36	3,11
25	93,97	1,41	0,30	0,00	1,11	0,89	1,80	0,52	3,93
26	95,12	1,04	0,00	0,00	1,46	0,86	1,03	0,50	3,86
27	94,44	1,17	0,00	0,00	1,88	1,00	0,88	0,63	4,68
31									
32									
33									
34	78,90	1,28	6,13	7,56	0,87	4,23	0,64	0,39	6,77
35	94,00	1,26	1,00	0,00	1,42	1,12	0,58	0,62	4,42
36	92,92	1,47	0,29	0,00	1,58	1,40	1,63	0,71	5,16
37	93,44	1,76	0,00	0,00	1,89	1,36	0,97	0,58	5,59
41									
42									
43									
44	81,24	2,04	5,14	8,71	0,68	1,26	0,56	0,37	4,36
45	88,71	2,27	0,43	4,26	0,69	1,32	1,90	0,41	4,69
46	88,71	2,84	0,11	2,18	0,84	1,75	2,92	0,65	6,08
47	84,33	3,04	0,17	6,95	0,94	1,53	2,29	0,76	6,27
51									
52									
53									
54	81,84	1,27	5,68	7,59	0,89	1,19	1,15	0,41	3,75
55	90,36	3,92	0,00	0,00	1,29	2,48	1,38	0,58	8,27
56	92,75	1,94	0,00	0,00	1,60	1,57	1,39	0,75	5,86
57	90,99	2,74	0,00	0,00	1,55	2,91	1,05	0,77	7,96
61									
62									
63									
64	80,14	1,78	6,02	5,79	0,74	4,62	0,58	0,34	7,48
65	93,54	1,11	0,58	0,00	1,22	2,29	0,74	0,52	5,14
66	93,91	1,78	0,00	0,00	1,43	1,60	0,56	0,71	5,53
67	94,78	1,04	0,00	0,00	1,53	1,53	0,51	0,61	4,71
71									
72									
73									
74	77,80	1,46	7,10	9,27	0,69	2,24	1,12	0,34	4,72
75	92,86	1,77	0,68	0,00	1,05	1,48	1,67	0,48	4,78
76	93,15	2,65	0,00	0,00	1,27	1,40	1,07	0,45	5,77
77	94,62	1,17	0,00	0,00	1,52	1,33	0,85	0,51	4,53
81									
82									
83									
84	79,41	1,03	6,93	9,20	0,71	1,21	1,12	0,38	3,34
85	93,89	1,19	0,42	0,00	1,15	1,23	1,57	0,55	4,12
86	95,02	0,94	0,00	0,00	1,26	1,11	1,12	0,55	3,86
87	93,47	1,35	0,00	0,00	1,48	1,32	1,64	0,74	4,89
91									
92									
93									
94	75,74	1,17	8,50	11,35	0,68	1,48	0,68	0,40	3,73
95	93,69	1,07	0,43	0,00	1,09	1,27	1,93	0,54	3,96

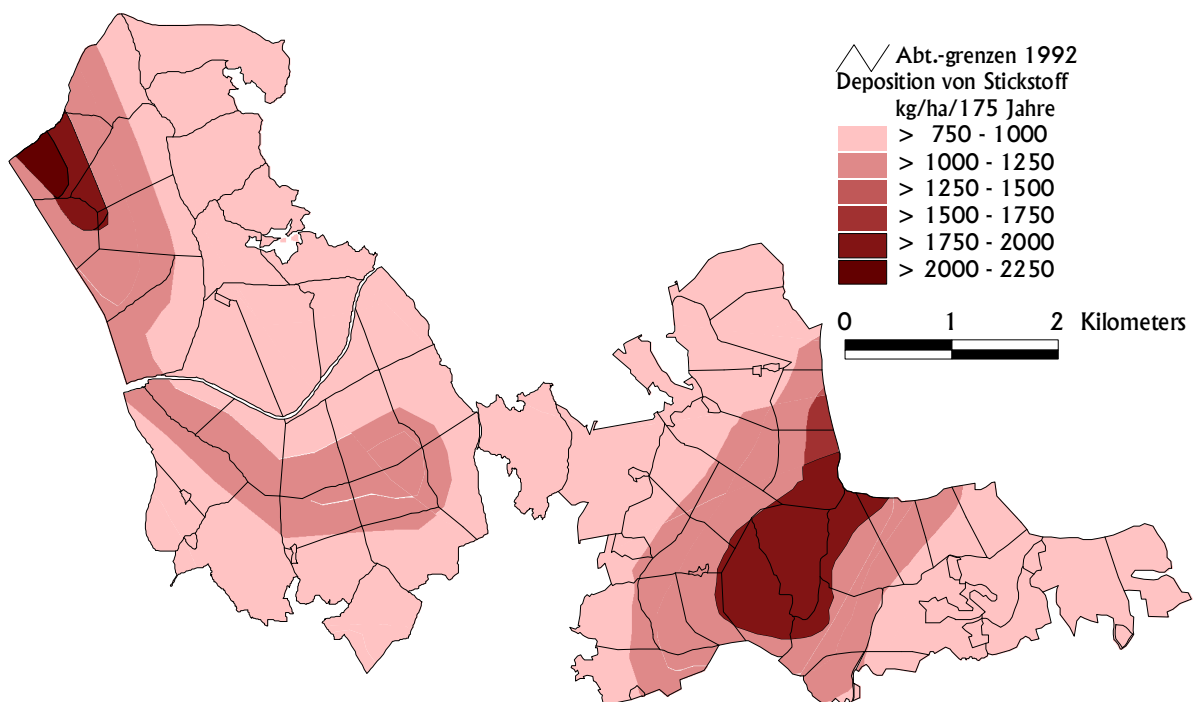
PROBE-NR.	Al %-AKe	Ca %-AKe	Fe %-AKe	H %-AKe	K %-AKe	Mg %-AKe	Mn %-AKe	Na %-AKe	BS %
96	94,74	1,02	0,00	0,00	1,11	1,20	1,44	0,49	3,82
97	95,54	0,90	0,00	0,00	1,40	0,77	0,85	0,54	3,61
101									
102									
103									
104	76,97	1,80	6,29	8,59	0,82	3,19	1,90	0,43	6,24
105	90,42	3,60	0,46	0,00	1,50	1,93	1,59	0,51	7,53
106	93,67	1,26	0,00	0,00	1,99	1,66	0,89	0,53	5,44
107	93,12	1,17	0,00	0,00	2,30	1,87	0,86	0,68	6,03
111									
112									
113									
114	67,04	3,33	6,79	14,16	1,16	6,68	0,36	0,49	11,65
115	92,05	1,16	1,02	0,00	1,58	2,36	1,34	0,49	5,59
116	93,61	1,05	0,00	0,00	2,02	1,44	1,34	0,53	5,05
117	92,75	1,51	0,00	0,00	2,49	1,48	1,16	0,61	6,08
121									
122									
123									
124	72,09	2,66	6,92	12,44	0,68	4,51	0,29	0,40	8,25
125	93,18	1,47	0,33	0,00	1,31	2,11	1,13	0,47	5,36
126	93,84	1,22	0,00	0,00	1,73	1,46	1,21	0,53	4,94
127	91,44	2,30	0,00	0,00	1,72	2,43	1,32	0,79	7,24
131									
132									
133									
134	75,92	0,91	6,92	13,82	0,66	1,08	0,43	0,25	2,91
135	93,96	0,70	2,04	0,00	1,30	0,75	0,82	0,43	3,18
136	96,37	0,70	0,00	0,00	1,57	0,61	0,34	0,41	3,29
137	92,89	3,22	0,00	0,00	1,65	1,17	0,66	0,41	6,46
141									
142									
143									
144	75,15	3,20	5,50	10,34	0,68	4,59	0,28	0,25	8,73
145	92,06	1,84	0,40	0,00	1,49	2,74	1,05	0,42	6,49
146	92,39	1,81	0,00	0,00	2,07	2,54	0,82	0,37	6,79
147	95,40	0,99	0,00	0,00	1,52	1,18	0,48	0,43	4,11
148	96,75	0,88	0,00	0,00	0,84	1,04	0,14	0,36	3,11
151									
152									
153									
154	74,40	3,00	7,03	9,88	0,74	4,62	0,10	0,23	8,59
155	92,97	1,37	1,17	0,91	1,24	1,71	0,30	0,33	4,65
156	93,54	1,80	0,92	0,00	1,45	1,56	0,26	0,46	5,28
157	95,12	1,30	0,00	0,00	1,52	1,18	0,52	0,36	4,36
161									
162									
163									
164	72,78	14,77	4,02	5,30	1,01	1,22	0,62	0,28	17,28
165	93,90	2,93	0,23	0,00	1,46	0,55	0,58	0,35	5,29
166	95,30	1,27	0,00	0,00	1,52	0,64	0,87	0,40	3,83
167	95,54	1,20	0,00	0,00	1,37	0,54	0,84	0,50	3,62
168	93,73	2,62	0,00	0,00	1,52	0,68	0,82	0,63	5,44
171									
172									
173									
174	82,08	1,07	5,14	8,58	0,70	1,04	1,09	0,30	3,11
175	94,47	1,12	0,24	0,30	1,12	0,69	1,66	0,39	3,33
176	95,42	1,01	0,00	0,00	1,68	0,53	0,97	0,39	3,61
177	94,59	1,12	0,00	0,00	1,63	0,66	1,50	0,51	3,91

PROBE-NR.	Al %-AKe	Ca %-AKe	Fe %-AKe	H %-AKe	K %-AKe	Mg %-AKe	Mn %-AKe	Na %-AKe	BS %
363									
364	64,23	7,82	8,08	12,92	1,01	5,41	0,23	0,30	14,54
365	91,57	2,15	1,12	0,00	1,49	2,03	1,31	0,34	6,01
366	93,97	1,34	0,20	0,00	2,10	1,24	0,80	0,35	5,03
367	93,68	1,50	0,26	0,00	2,26	1,47	0,45	0,38	5,61
371									
372									
373									
374	69,40	9,70	5,72	5,92	0,95	7,86	0,11	0,34	18,85
375	86,69	3,89	2,26	0,00	1,34	4,49	0,98	0,34	10,06
376	90,40	2,23	2,10	0,00	2,06	2,27	0,44	0,50	7,06
377	93,38	1,27	0,14	0,00	2,58	1,93	0,28	0,42	6,20
381									
382									
383									
384	77,17	3,89	6,55	9,46	1,27	0,94	0,36	0,35	6,45
385	91,63	1,89	2,78	0,30	1,31	0,57	1,20	0,30	4,08
386	93,62	1,61	1,33	0,00	1,81	0,47	0,82	0,33	4,23
387	96,04	0,99	0,00	0,00	1,60	0,38	0,65	0,34	3,31
388	95,52	1,14	0,00	0,00	1,69	0,47	0,79	0,39	3,70
391									
392									
393									
394	55,08	2,91	4,72	34,56	1,34	0,89	0,06	0,44	5,58
395	89,77	0,88	4,73	3,16	0,70	0,43	0,05	0,28	2,29
396	94,65	1,13	2,83	0,00	0,67	0,37	0,10	0,25	2,42
397	95,25	0,93	2,34	0,00	0,63	0,56	0,09	0,21	2,32
398	95,39	1,46	1,57	0,00	1,06	0,00	0,06	0,46	2,98
401									
402									
403									
404	82,34	2,46	3,52	9,43	1,19	0,68	0,04	0,34	4,67
405	95,83	1,49	0,92	0,00	0,99	0,42	0,00	0,36	3,25
406	95,67	1,15	1,77	0,00	0,83	0,27	0,03	0,27	2,53
407	95,13	0,84	2,51	0,00	0,96	0,27	0,05	0,24	2,31
408	94,61	1,73	0,48	0,00	1,97	0,65	0,00	0,56	4,91
411									
412									
413									
414	85,73	1,59	4,03	5,78	0,65	0,66	1,32	0,24	3,14
415	94,97	0,90	0,30	0,00	1,08	0,51	1,91	0,33	2,83
416	95,46	0,76	0,00	0,00	1,77	0,44	1,20	0,37	3,34
417	95,64	0,72	0,00	0,00	2,05	0,35	0,84	0,41	3,53
418	95,67	1,01	0,00	0,00	2,00	0,38	0,56	0,37	3,76

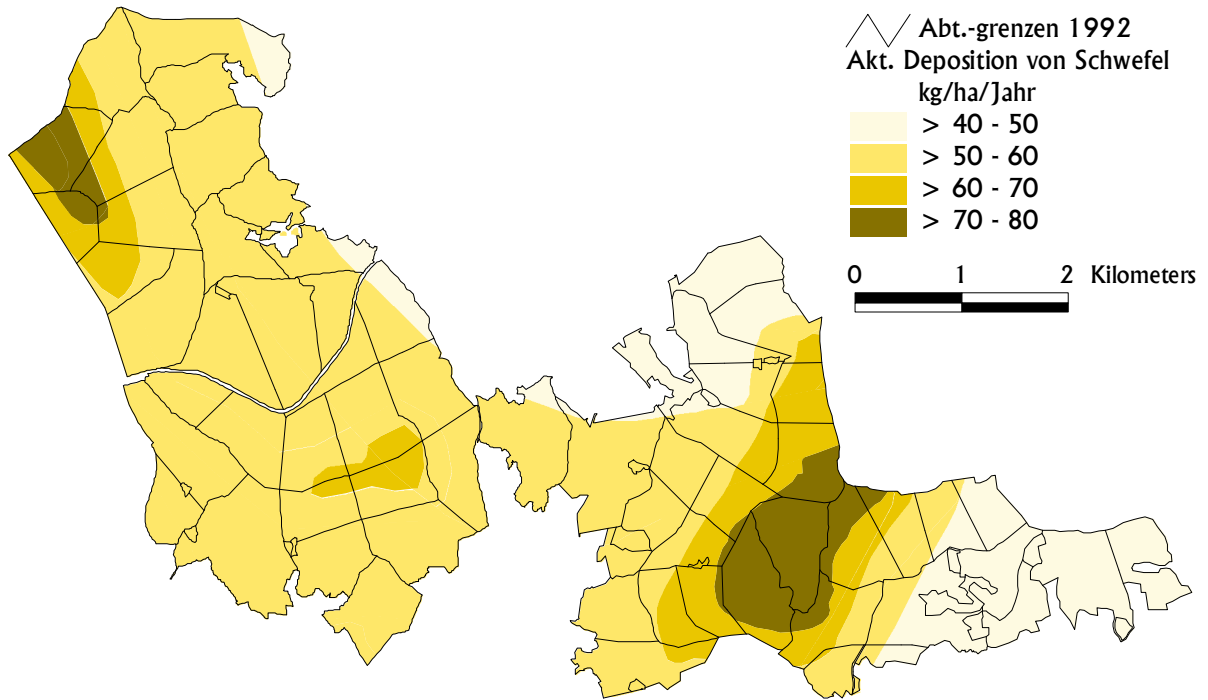
bei zweijährigem Wechsel kommt jedes Jahr die Hälfte dieser Fläche zur Nutzung					wenn jedes Jahr gerecht wird, kommt jährlich die ganze Fläche zur Nutzung					Zusammenstellung für jeden Streunutzungskomplex	Rech- streu	Surro- gaten	Im ganzen
mit Tagwerk	und diese gibt nach der Schätzung				mit Tagwerk	diese gibt nach der Schätzung							
	pro Tagwerk		im ganzen			pro Tagwerk		im ganzen					
	Rechstreu	Surrogaten	Rechstreu	Surrogaten		Rechstreu	Surrogaten	Rechstreu	Surrogaten				
zweispännige Fuder					zweispännige Fuder					zweispännige Fuder			
													Bei zweijährigem Wechsel durchschnittlich auf ein Jahr
													1. aus den Beständen der jüngsten Altersklasse
													2. aus denen der ältesten Klassen
													3. aus den in Vorhege gelegten Beständen können an
													Surrogaten noch abgegeben werden
													Summa
													Die Abgabe der letzten drei Jahre war durchschnittlich:
													Jene des Jahres 1830/31 insbes. die Anforderungen beliefen sich auf
													Aus obigen Quantitäten beträgt die Nutzung an Ast- undstreu:



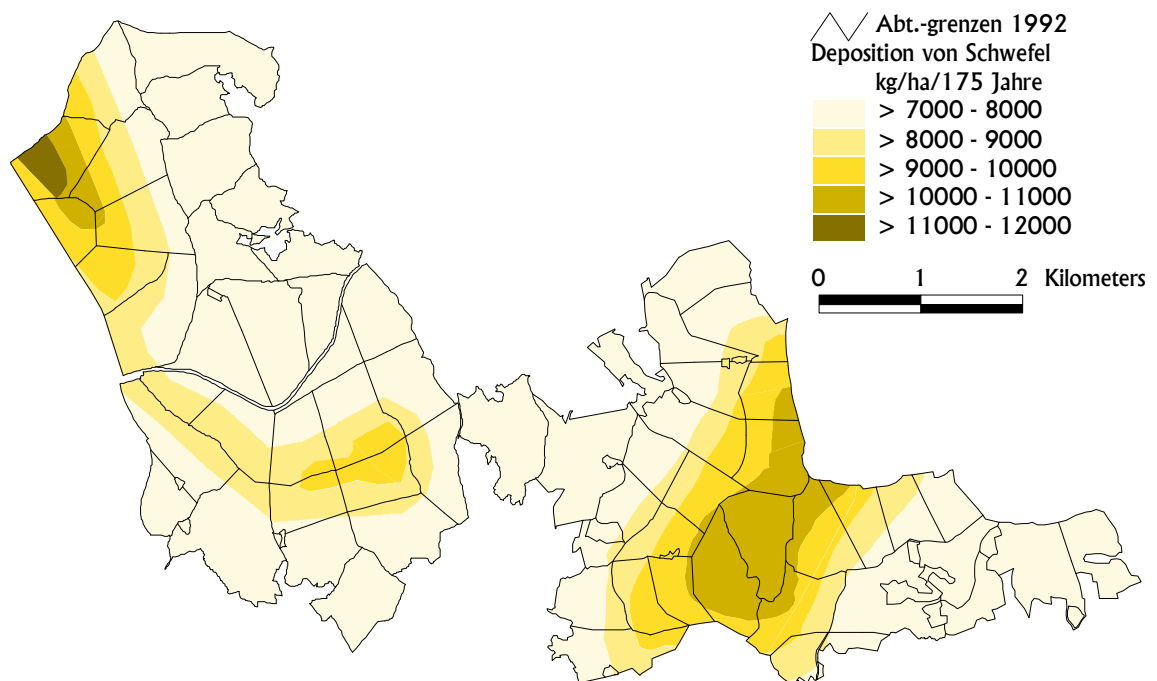
Karte 48: aktuelle Stickstoffdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)



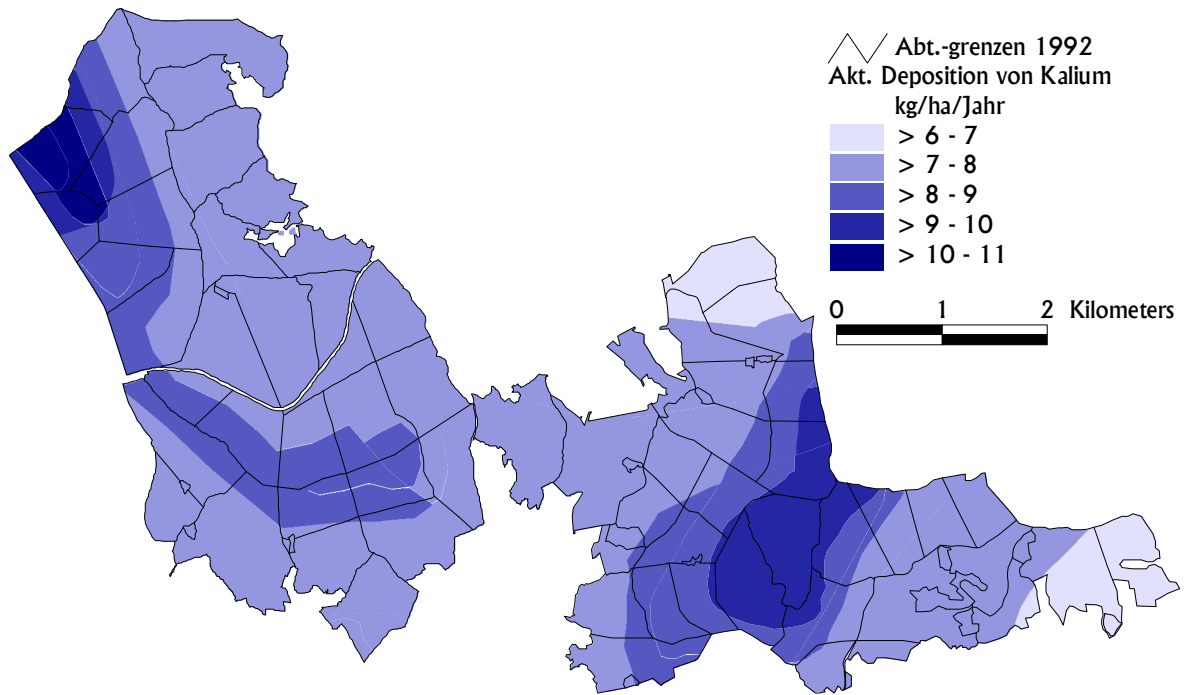
Karte 49: Stickstoffdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % bzw. 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



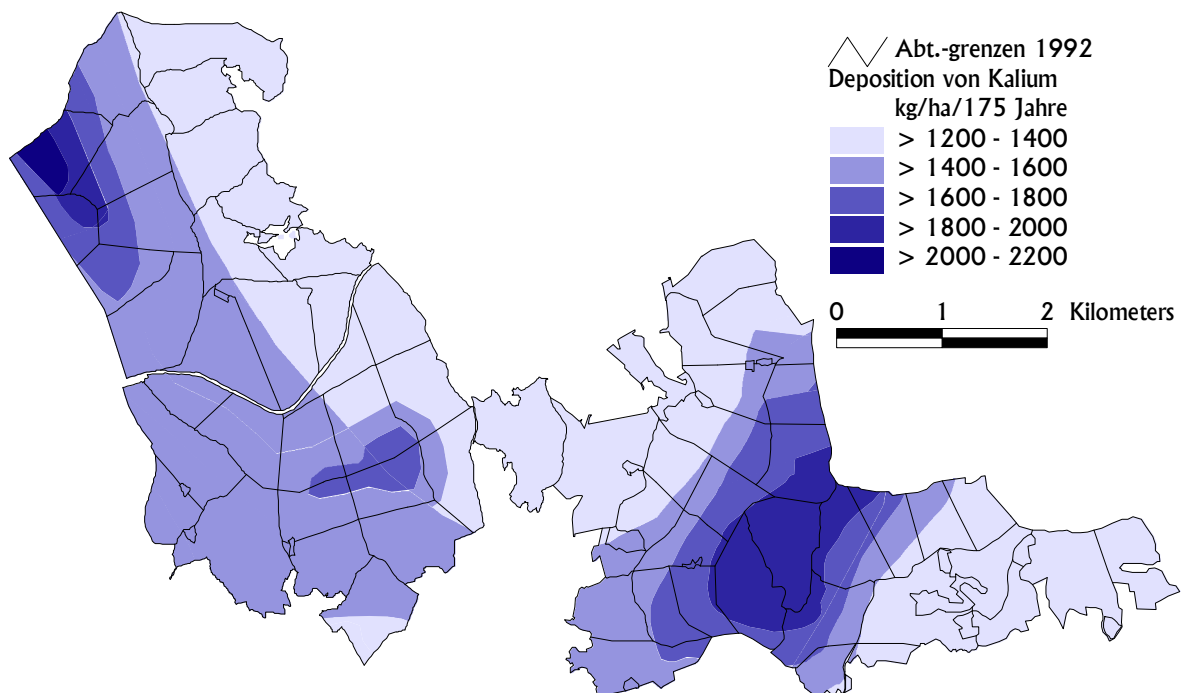
Karte 50: aktuelle Schwefeldeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)



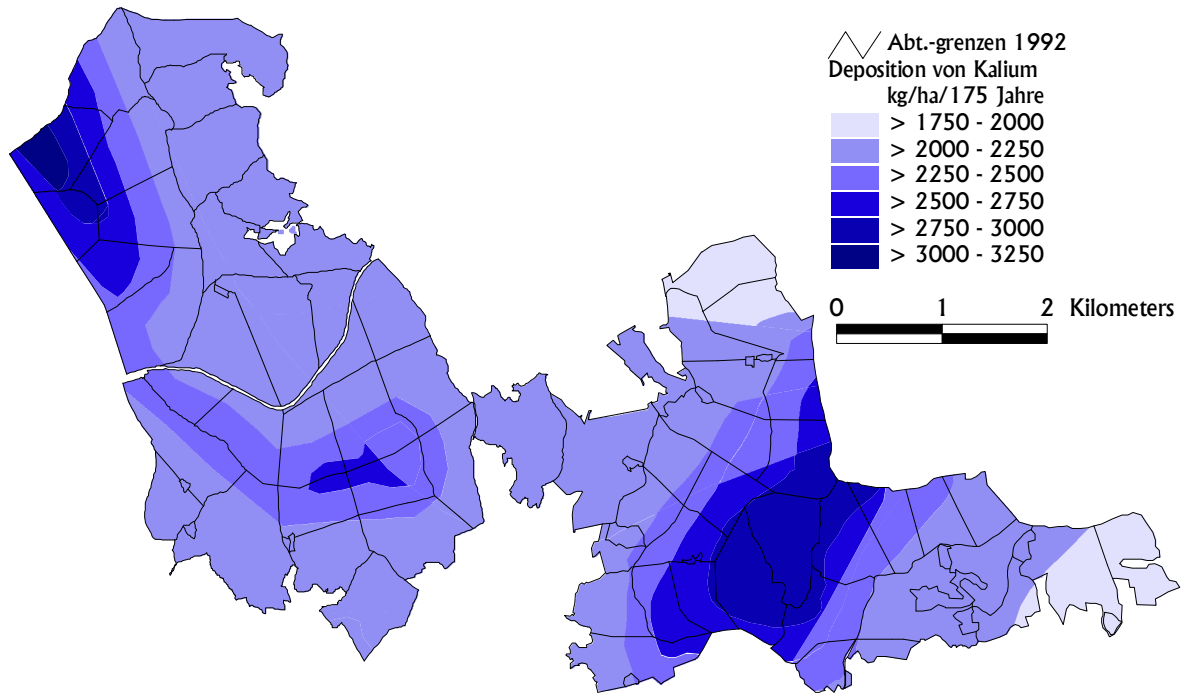
Karte 51: Schwefeldeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % bzw. 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



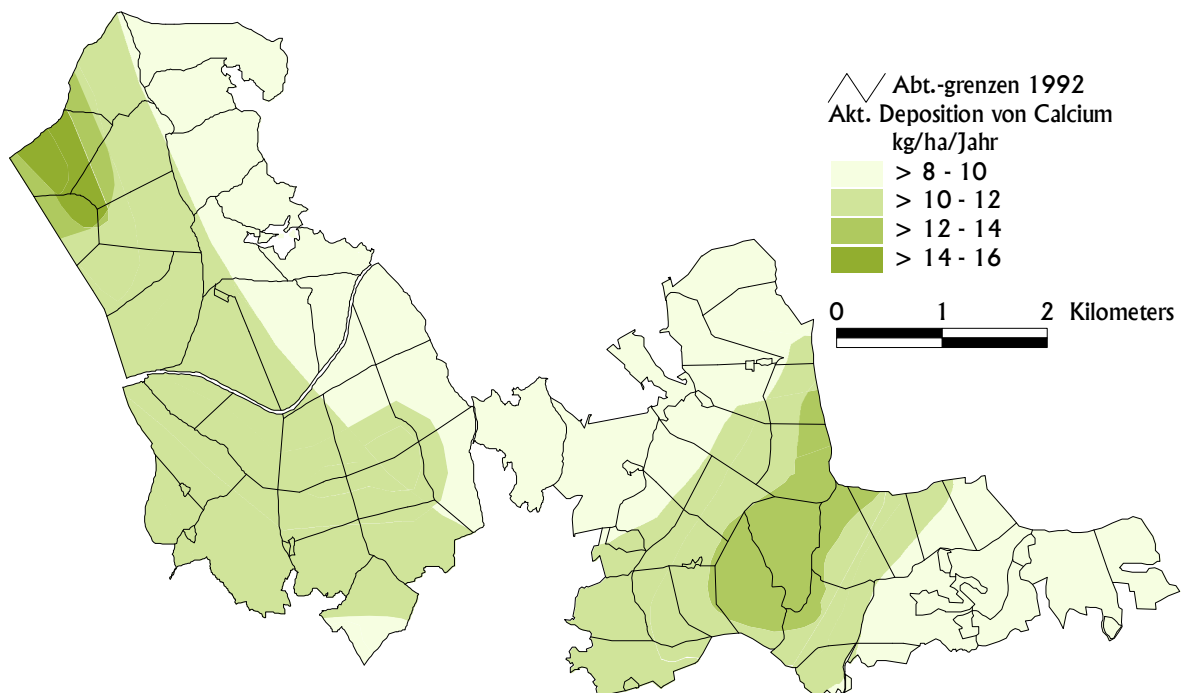
Karte 52: aktuelle Kaliumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)



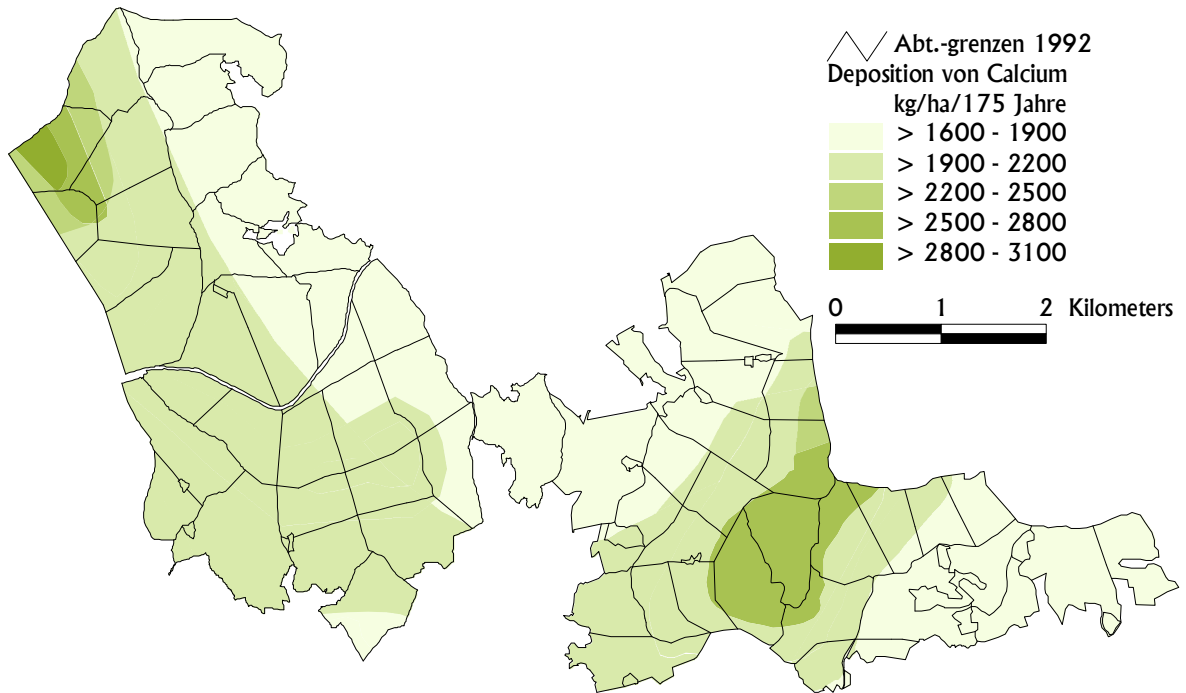
Karte 53: Kaliumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



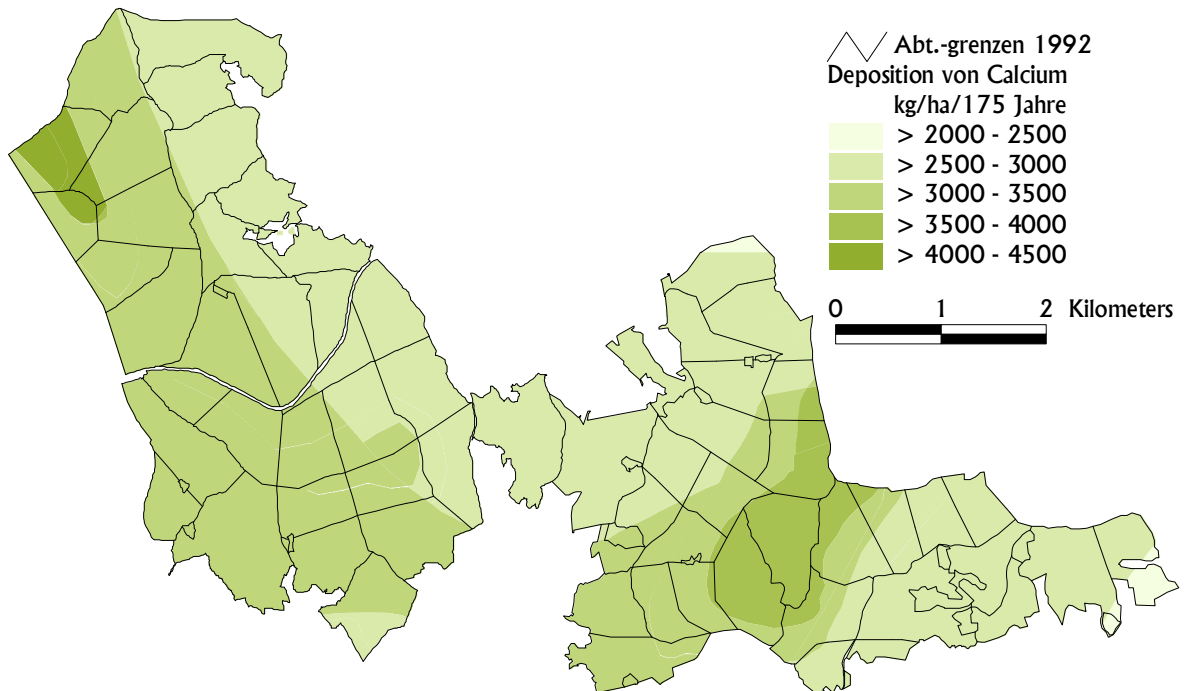
Karte 54: Kaliumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



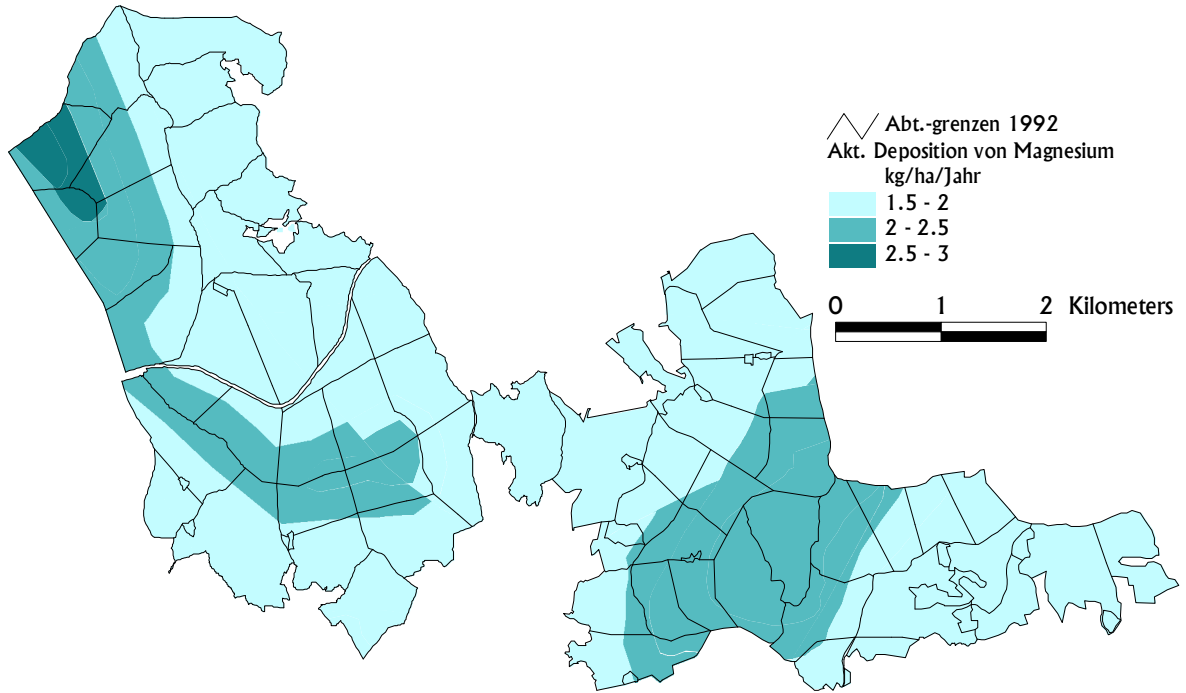
Karte 55: aktuelle Calciumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)



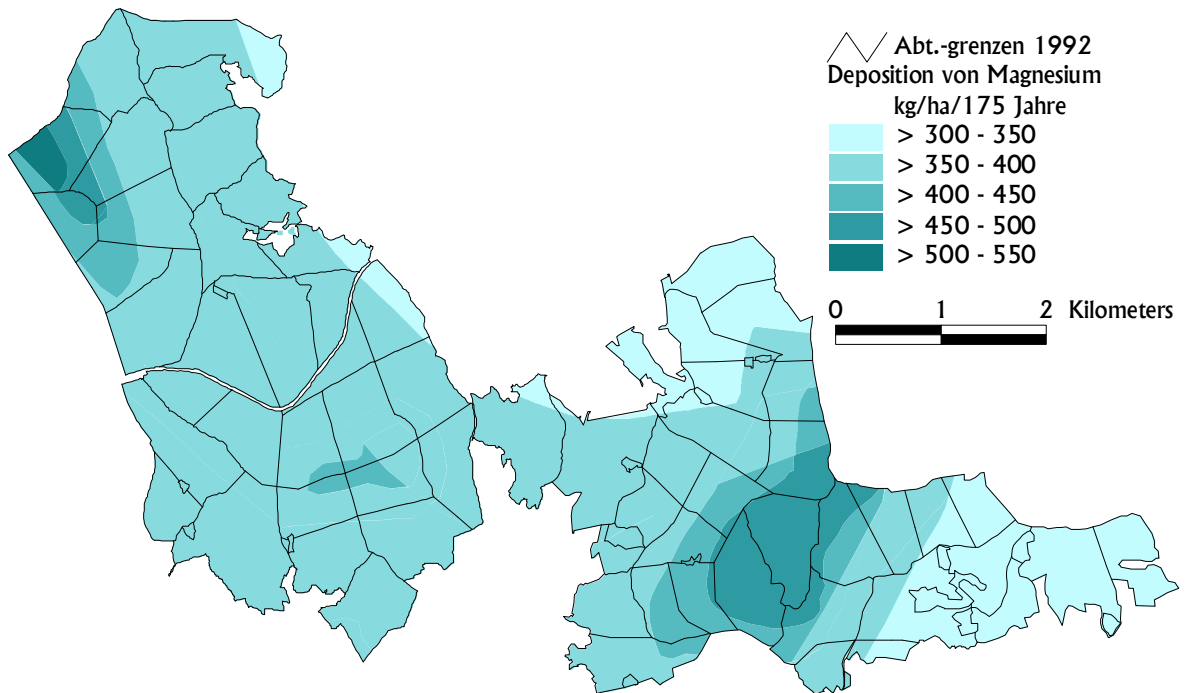
Karte 56: Calciumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



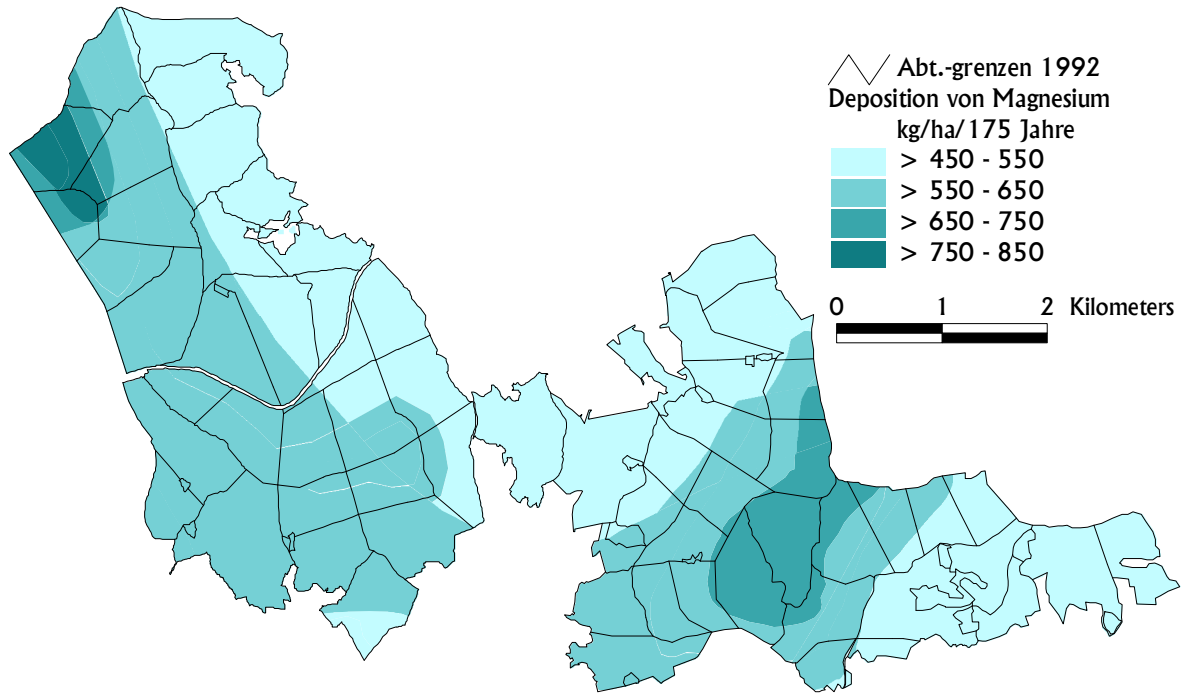
Karte 57: Calciumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



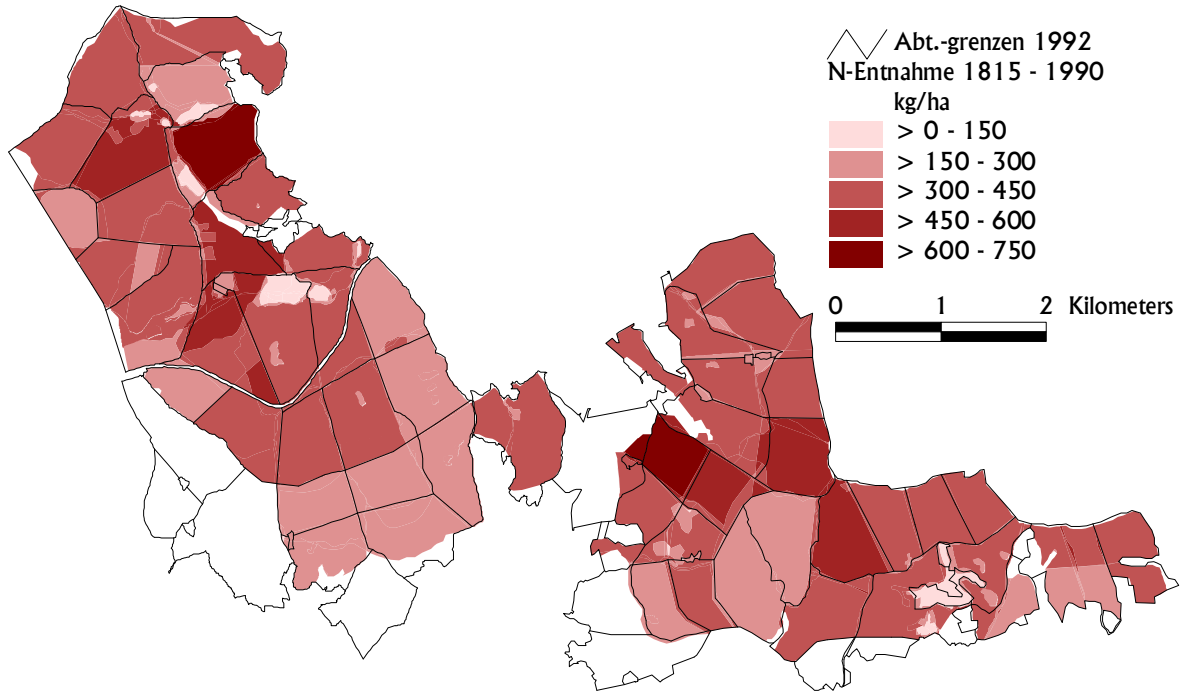
Karte 58: aktuelle Magnesiumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet nach Modell)



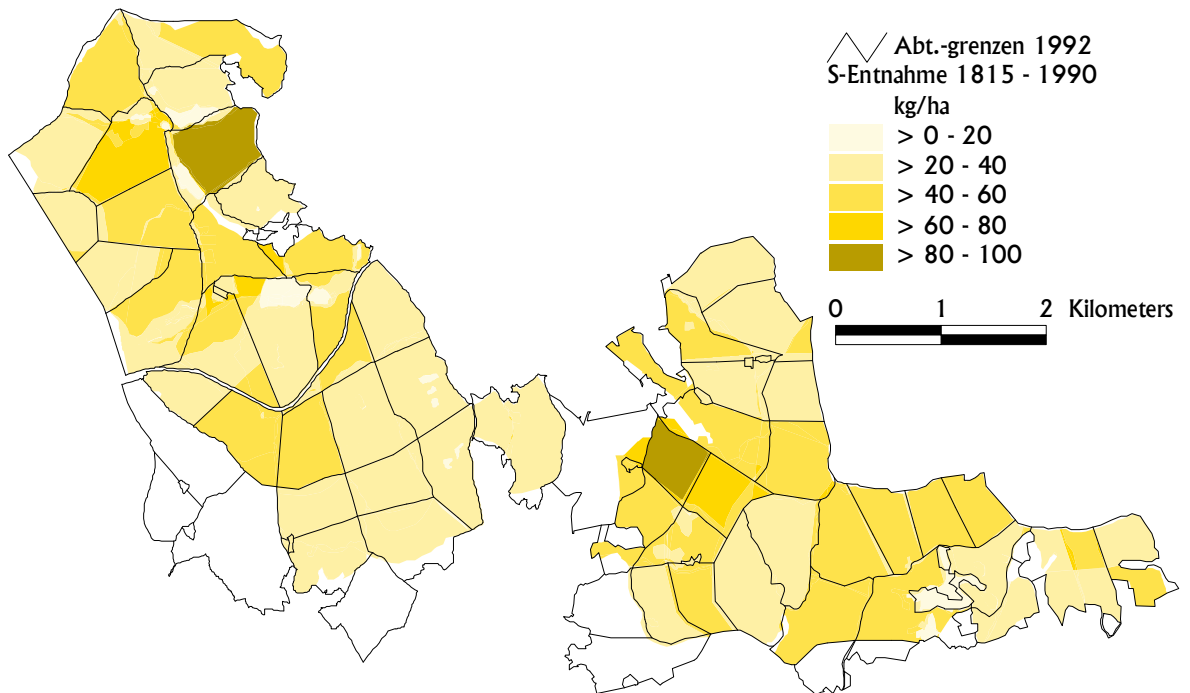
Karte 59: Magnesiumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 10 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



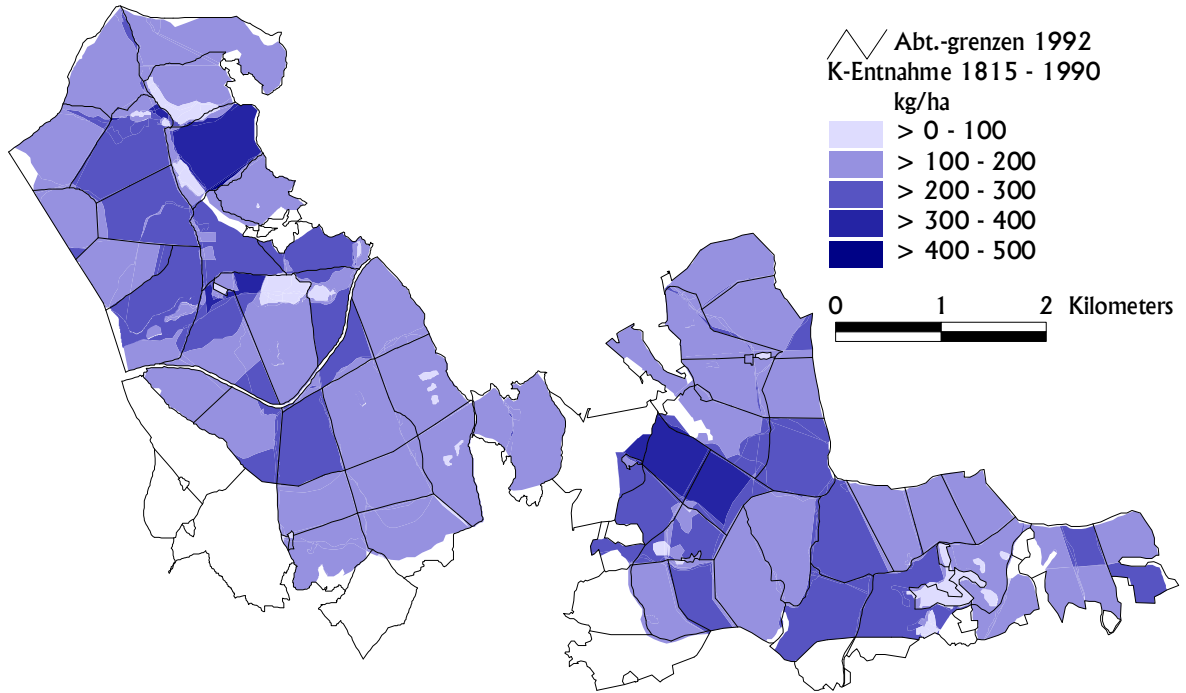
Karte 60: Magnesiumdeposition im Untersuchungsgebiet (berechnet unter der Annahme, daß 25 % des immitierten Staubes aus der Industrie stammt)



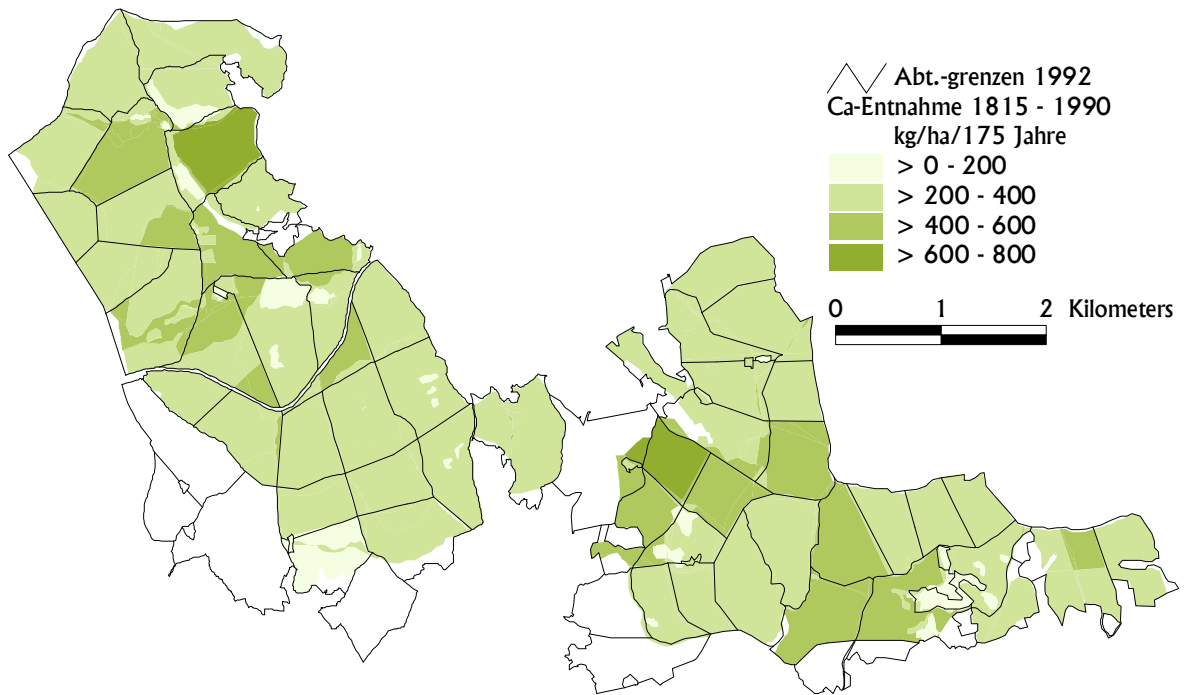
Karte 61: Stickstoffexport durch Biomasseentnahme 1815-1990



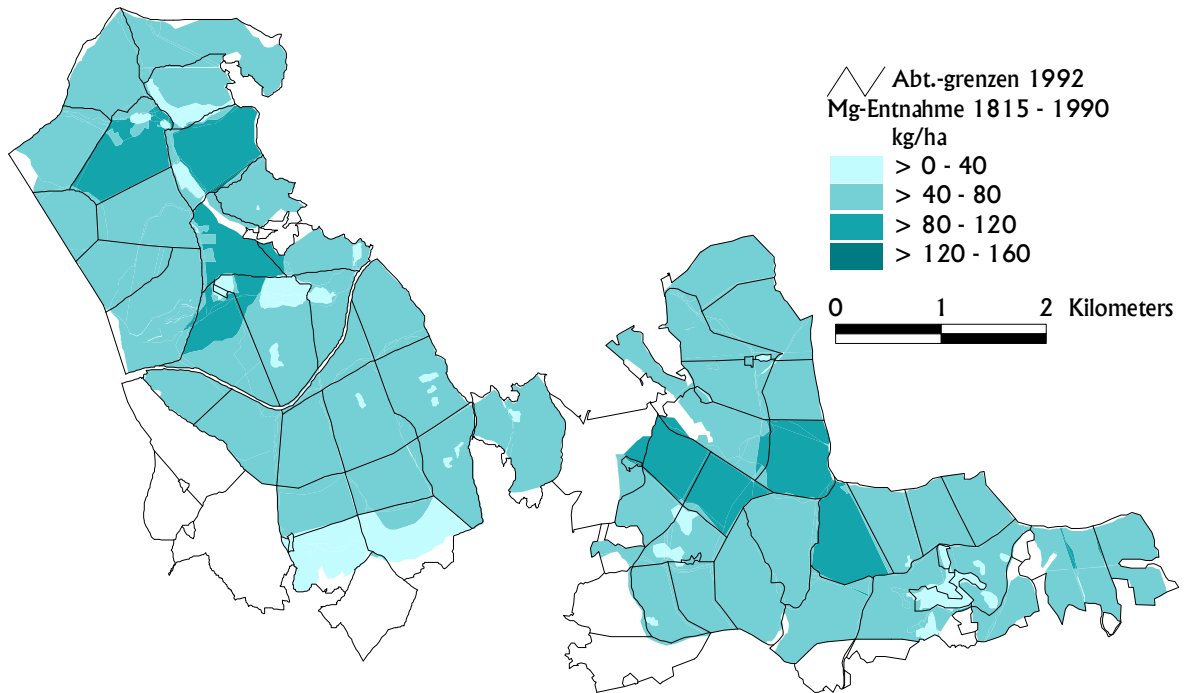
Karte 62: Schwefelexport durch Biomasseentnahme 1815-1990



Karte 63: Kaliumexport durch Biomasseentnahme 1815-1990



Karte 64: Calciumexport durch Biomasseentnahme 1815-1990



Karte 65: Magnesiumexport durch Biomasseentnahme 1815-1990