



# Flugstaubeintrag und Bodenbildung im Karst der Nördlichen Kalkalpen



# Flugstaubeintrag und Bodenbildung im Karst der Nördlichen Kalkalpen

Priv.-Doz. Dr. Carola Küfmann

Department für Geographie  
(Ludwig-Maximilians-Universität München)  
Lehrstuhl für Geographie und Landschaftsökologie  
Luisenstr. 37, 80333 München

Gefördert von der  
Deutschen Forschungsgemeinschaft

**Impressum:**

Nationalpark Berchtesgaden  
Forschungsbericht 54/2008

Herausgeber:

Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6,  
D-83471 Berchtesgaden, Telefon 0 86 52/96 86-0, Telefax 0 86 52/96 86 40,  
e-Mail: [poststelle@npv-bgd.bayern.de](mailto:poststelle@npv-bgd.bayern.de)

Internet: <http://www.nationalpark-berchtesgaden.de>

im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Alle Rechte vorbehalten!

ISSN 0172-0023

ISBN 3-922325-61-0

EAN-Code 9783922325611

Druck: Berchtesgadener Anzeiger, Berchtesgaden

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Titelbild:

Blick auf die Nordabstürze der Reiteralpe (Berchtesgadener Alpen)  
Terra fusca-Rendzina aus roter Dachsteinkalk-Brekzie, Reiteralpe (Berchtesgadener Alpen)

Fotos:

Carola Küfmann, Andreas Küfmann

# Inhaltsverzeichnis

## Flugstaubeintrag und Bodenbildung im Karst der Nördlichen Kalkalpen

	<b>Vorwort</b> .....	5
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7
1.1	Problemstellung und Motivation .....	7
1.2	Stand der Forschung .....	7
1.3	Ziele, Themenkomplexe und Fragestellung .....	8
1.4	Untersuchungsgebiete .....	9
1.4.1	Physiogeographie .....	10
<b>2</b>	<b>Methoden und Lage der Messeinrichtungen</b> .....	14
2.1	Bodenchemische Analysen .....	15
2.2	Mineralogische Analysen .....	15
2.3	Feldansprache und Beprobung .....	16
2.4	Flugstaubmessung .....	16
2.4.1	Verwendete Messtechnik .....	17
2.4.2	Staubuntersuchung auf Schneeoberflächen .....	18
2.5	Klimatologische Auswertung .....	21
<b>3</b>	<b>Theoretische Grundlagen der äolischen Dynamik im Gebirge</b> .....	22
3.1	Definitionen .....	22
3.2	Das System „Gebirge-Relief-Klima“ .....	23
3.2.1	Orographische Effekte .....	23
3.2.2	Föhnwinde .....	24
3.3	Saharastaub-Ereignisse .....	24
<b>4</b>	<b>Das Bodeninventar und seine äolische Beeinflussung</b> .....	26
4.1	Ergebnisse der Feldbodenkunde .....	26
4.1.1	Ausgangsgestein .....	26
4.1.2	Solummächtigkeiten .....	27
4.1.3	Bodenfarbe .....	29
4.1.4	Relief und Vegetation .....	30
4.2	Ergebnisse der Staubuntersuchungen (Eigenschaften) .....	31
4.2.1	Lichtmikroskopie .....	31
4.2.2	Mineralanalysen .....	33
4.2.3	Chemische Analyse der Feinfraktion .....	35
4.2.4	Korngrößenverteilung .....	36
4.3	Ergebnisse der Analysen von rezent-äolisch beeinflussten Böden .....	37
4.3.1	Autochthone Böden - <b>Zugspitzplatt</b> .....	38
4.3.2	Autochthone Böden - <b>Westliche Karwendelgrube</b> .....	42
4.3.3	Autochthone Böden - <b>Östliche Karwendelgrube</b> .....	45
4.3.4	Autochthone Böden - <b>Reiteralpe</b> .....	46
4.3.5	Mineralogische Indikatoren für rezente Staubeintrag .....	49
4.4	Ergebnisse der Analysen von nicht-rezent äolischen Böden .....	54
4.4.1	Äolische Deckschichten .....	54
4.4.2	Allochthone Böden - <b>Zugspitzplatt</b> .....	55
4.4.3	Allochthone Böden - <b>Westliche Karwendelgrube</b> .....	56
4.4.4	Allochthone Böden - <b>Reiteralpe</b> .....	59
4.4.5	Mineralogische Indikatoren für äolische Substratherkunft .....	62
4.5	Zusammenfassung wichtiger Aspekte der Bodenbildung .....	69
4.5.1	Die autochthonen Böden .....	69
4.5.2	Die allochthonen Böden .....	70

<b>5</b>	<b>Flugstaubquantifizierung und äolische Dynamik</b> .....	73
5.1	Ergebnisse zur Staubquantifizierung auf Schneeoberflächen .....	73
5.1.1	Staubeintrag - Schneedeckenaufbau.....	73
5.1.2	Staubeintrag - Schneedeckenabbau .....	75
5.1.3	Jahreszeitlicher Vergleich der Staubeinträge .....	76
5.1.4	Verlässlichkeit der Probennahme (Schneedeckenabbau) .....	78
5.1.5	Staubeintrag aus Neuschnee .....	79
5.1.6	Ausgewählte Witterungsverläufe .....	80
5.2	Ergebnisse zur Staubquantifizierung im Regenniederschlag .....	81
5.2.1	Quantifizierung des Staubeintrags .....	81
5.2.2	Abhängigkeit von Klimaparametern .....	82
5.3	Ergebnisse zum Einfluss von Relief und Vegetation .....	84
5.3.1	Relief und Luv-Lee-Effekte .....	85
5.3.2	Effekte auf Boden und Vegetation durch Staubeintrag .....	85
5.4	Zusammenfassung: Äolische Dynamik .....	87
5.4.1	Die Staubquantifizierung im Winter .....	87
5.4.2	Die Staubquantifizierung im Sommer .....	87
5.4.3	Mögliche Liefergebiete .....	87
5.5	Berechnung von Sedimentationsraten .....	88
5.5.1	Berechnungsgrundlagen .....	88
5.5.2	Sedimentationsraten im Winter und Sommer .....	89
5.5.3	Sedimentationsraten und Solummächtigkeiten .....	89
<b>6</b>	<b>Diskussion und Bewertung</b> .....	91
6.1	Bewertung der Ergebnisse zum Bodeninventar .....	91
6.2	Bewertung der Ergebnisse zur Staubquantifizierung .....	92
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	94
<b>8</b>	<b>Danksagung</b> .....	95
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	96
<b>10</b>	<b>Anhang</b> .....	107
10.1	Lage der Messeinrichtungen .....	107
	Karte K 1: Messeinrichtung und Catenen - Zugspitzplatt	
	Karte K 2: Messeinrichtung und Catenen - Westl. Karwendelgrube	
	Karte K 3: Messeinrichtung und Bodenprofile - Karwendelgruben	
	Karte K 4: Messeinrichtung und Catenen - Reiteralpe	
10.2	Bodenprofile und Kenndaten .....	109
	Referenzprofile Zugspitzplatt (ZP_17 bis 19; ZP_29)	
	Bodenprofile Reiteralpe (RA_1 bis RA_14)	
10.3	Korngrößendaten - Böden .....	146
	Mittlere Korngrößenverteilung - Böden Zugspitzplatt	
	Mittlere Korngrößenverteilung - Böden Karwendelgruben	
	Mittlere Korngrößenverteilung - Böden Reiteralpe	
10.4	Korngrößendaten - Staub .....	148
	Mittlere Korngrößenverteilung - Staub von Schneeflächen (Horizonttiefe: 0 cm-1 cm)	
	Mittlere Korngrößenverteilung - Staub aus Regenniederschlag (Auswahl)	
10.5	Analysedaten - Gestein/Residuen .....	149
10.6	Staubquantifizierung .....	150
	Summen und Mittelwerte - Klimadaten	
	Staub aus Regenniederschlag - Sommer 2002	
	Staub aus Regenniederschlag - Sommer 2003	

# Vorwort

Sie halten unseren Forschungsbericht „Flugstaubeintrag und Bodenbildung im Karst der Nördlichen Kalkalpen“ in Händen. Was ist der Hintergrund dieses mehrjährigen Forschungsprojektes, das Frau Dr. Carola Küfmann am Zugspitzplatt, in der Karwendelgrube und vor allem auf der Reiteralpe im Nationalpark Berchtesgaden durchgeführt hat?

Neben dem Schutz der Natur, so wie sie ist, sind Forschung und Beobachtung der Natur weitere wichtige Aufgaben und Zweckbestimmung eines Nationalparks. Bei der Erfassung der Böden im Nationalpark war an bestimmten Stellen sehr auffällig, dass bei der Entwicklung der braunen Mineralböden im Oberboden Glimmer und andere Fremdminerale nachweisbar waren - so zum Beispiel auf der Reiteralpe. Ein sicheres Zeichen für das Vorhandensein von Staubeinträgen. Diese Deposition wird erstmals systematisch erfasst, wobei Stäube aus Niederschlag (Sommer) und auf Schneeoberflächen (Winter) quantifiziert werden. Neu an den Untersuchungen ist auch die Anpassung der Messintervalle an Witterungsverläufe und Großwetterlagen. Die Auswertung von Wind- und Niederschlagssituation soll meteorologische Einflüsse auf den Staubeintrag (z.B. Menge, Herkunft) zeigen. Wichtige Ziele der Arbeit sind das Verständnis der äolischen Dynamik und die Wirkungsweise von Flugstäuben im Karstökosystem.

Eine derart detaillierte Untersuchung dieser äolischen Substrate im Karst der Nördlichen Kalkalpen wurde bisher nicht durchgeführt. Wir wissen nun genau, warum der Substrattyp „Äolium-Kolluvium“ in der Standortkarte des Nationalparks Berchtesgaden ausgewiesen ist. Der Ursprung der Flugstäube ist größtenteils die Sahara. Insgesamt gelangen jährlich weltweit rund fünf Milliarden Tonnen Staub- oder Aerosolpartikel in die Atmosphäre. Der Mineralstaub aus den Wüsten hat davon einen Anteil von 1,5 Milliarden Tonnen. Davon entstammen 60% der Sahara. Der Staub wird regelmäßig mit warmen Luftmassen bis zu 5000m hoch in der Atmosphäre verteilt und gelangt mit Südwinden oft bis nach Nordeuropa. Das jüngste Ereignis fand zwischen dem 26. und 28. Mai 2008 über dem Alpenraum statt. Die eingetragenen Stäube haben eine große Bedeutung für das Ökosystem im Nationalpark Berchtesgaden, denn die Stäube aus der Sahara und den kristallinen Zentralalpen haben allgemein eine hohe Düngewirkung für das Pflanzenwachstum im Gebirge, da sie reich an Pflanzennährstoffen sind. Besonders die an Bodensubstrat sehr armen, kargen Karstgebiete (z.B. Reiteralpe, Steinernes Meer, Lattengebirge, Untersberg etc.) profitieren von den windtransportierten Stäuben. Die Stäube sind somit auch Wuchssubstrat für zahlreiche Felsspalten- und Schuttgesellschaften der alpinen Flora, die als Pioniere Felsspalten, Schutthalden, Karsthohlförmungen und Klüfte in der alpinen bis subalpinen Stufe besiedeln.

Die Forschungen von Frau Dr. Küfmann sind für unsere Arbeit im Nationalpark von höchster Wichtigkeit. Sie können als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen, z.B. wie sich die allgemeinen klimatischen Änderungen auf die Ökosysteme in unserem Park auswirken und wie die Natur damit umgeht.

**Dr. Michael Vogel**  
Leiter der Nationalparkverwaltung