

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 19, 75-90. Hannover 2007

## **Vegetation und Höhenstufen im kontinentalen West-Grönland – Das AZV-Projekt –**

- Birgit Sieg, Münster -

### **Abstract**

This publication presents results of the AZV Project (Altitudinal Zonation of Vegetation), which focuses on the little known vegetation of arctic mountains. The aims of this project are the characterization and distinction of altitudinal vegetation belts in continental West Greenland. Moreover, fundamental data about vegetation and its ecology will be provided for future studies. For the first time arctic mountain vegetation is comprehensively analysed according to the Braun-Blanquet approach. This also encloses the first account on the completely unexplored vegetation from higher altitudes (700–1330 m a.s.l.) in West Greenland. Based on 657 relevés, environmental analyses and four vegetation maps the plant communities are described, syntaxonomically classified and typical habitat conditions are outlined. Special attention is paid to bryophytes and lichens as these play a decisive role in classification and altitudinal differentiation of plant communities in the Arctic. In a second step the suitability of plant species and vegetation types for characterization and delimitation of altitudinal vegetation belts is discussed. Concepts of altitudinal indicator species and plant communities are presented. The vegetation pattern is considered by idealized toposequences and abundance of vegetation types in different altitudes. Based on these characteristics four altitudinal vegetation belts with boundaries at 400, 800 and 1200 m a.s.l. are distinguished. In the last year of the project a comprehensive model of altitudinal vegetation belts will be elaborated which can be used both for monitoring approaches and extrapolation purposes.

### **1. Einleitung**

#### **1.1 Forschungsbedarf zur arktischen Gebirgsvegetation**

In den letzten 100 Jahren hat sich die Arktis aufgrund des Klimawandels überproportional stark erwärmt (IPCC 2007). Prognosen sagen außerdem voraus, dass sich dieser Trend auch in Zukunft fortsetzen wird (ACIA 2004, FØRLAND et al. 2004). Diese Entwicklung hat einerseits direkte Auswirkungen auf die Ökosysteme vor Ort, andererseits zieht sie auch globale Veränderungen nach sich. Das Abschmelzen des Eises wirkt sich über einen Anstieg des Meeresspiegels und Beeinflussung von Meeresströmungen auf weit entfernte Erdteile aus. Rückkopplungseffekte wie eine verringerte Albedo oder die Freisetzung von Treibhausgasen bei Auftauen des Permafrostbodens führen zu einer Beschleunigung der Klimaerwärmung.

Die Beobachtung dieser Veränderungen und die Erarbeitung von Prognosen stellen dringende Aufgaben der Forschung dar. Eine entscheidende Einflussgröße für die terrestrischen Systeme ist dabei die Vegetation. Einerseits wirkt sie über ihren Kohlenstoffhaushalt, die Wechselwirkungen mit der Pedosphäre und ihre Albedo direkt auf die Klimaentwicklung ein und stellt somit einen wichtigen Faktor für Klimamodelle dar. Andererseits kann über die Beobachtung von Vegetationsveränderungen auf eine Veränderung der Klimaverhältnisse geschlossen werden. Dieses Biomonitoring ist besonders für die Arktis empfehlenswert, da

langjährige Messungen von Klimaparametern in den zahlreichen schwer zugänglichen Teilen zu aufwändig sind (z. B. KARLSEN & ELVEBAKK 2005, SIEG 2004).

Für beide Aufgaben benötigt man jedoch ausreichende Grundlagendaten zur Vegetationsbedeckung, die bislang vor allem für Gebirgsvegetation in der Arktis nicht vorliegen. Dies ist aus zwei Gründen sehr bedauerlich. Erstens eignet sich besonders die Gebirgsvegetation für das Biomonitoring (GRABHERR et al. 2003, ELVEBAKK 2005), da aufgrund der steilen ökologischen Gradienten die Wanderdistanzen für die Pflanzen als Reaktion auf eine Klimaveränderung nur kurz sind. Die Vegetation kann in Gebirgen somit schneller auf eine Klimaveränderung reagieren als entlang des latitudinalen Gradienten. Zudem ist die Wahrscheinlichkeit geringer, dass innerhalb dieser kurzen Distanzen Ausbreitungsbarrieren auftreten, die eine Interpretation der Veränderungen erschweren würden. Zweitens ist aufgrund der fehlenden Grundlagendaten die Vegetationsbedeckung für große Teile der Arktis weitgehend unbekannt. Dies betrifft zum Beispiel Grönland, dessen eisfreies Land zu 80 % aus Gebirgskomplexen besteht.

Für zirkumpolare Fragestellungen, wie zum Beispiel zur Erstellung der ersten detaillierten Vegetationskarte (Circumpolar Arctic Vegetation Map, CAVM) für die gesamte Arktis, wurde die Vegetation dieser Gebiete bislang mit Hilfe einer Hypothese berücksichtigt (CAVM TEAM 2003). Diese geht davon aus, dass sich die Vegetationsstufen in den Gebirgen aufgrund ähnlicher standörtlicher Gradienten (z. B. Abnahme der Temperatur und Länge der Vegetationsperiode, Zunahme von Frostphänomenen, Stress und Störung) von den arktischen Vegetationszonen entlang des Nord-Süd-Gradienten ableiten lassen (Abb. 1). Die Vegetation dieser

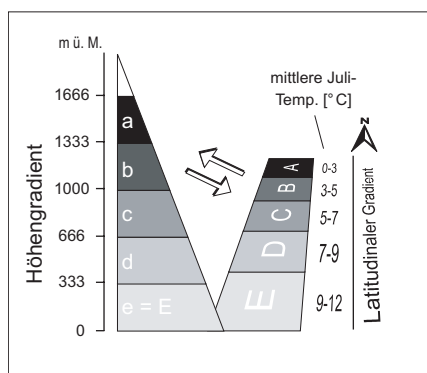


Abb. 1: Höhenstufenhypothese aus der zirkumpolaren Vegetationskarte CAVM, dargestellt für Subzone E. A–E: latitudinale Bioklimatische Subzonen der Arktis. a–e: abgeleitete Höhenstufen der Vegetation. (nach CAVM TEAM 2003, verändert)

sogenannten Bioklimatischen Subzonen ist weitaus besser erforscht als die Gebirgsvegetation (z. B. ALEKSANDROVA 1980, BLISS 1997, DANIËLS et al. 2000, EDLUND & ALT 1989, ELVEBAKK 1985, 1999, WALKER et al. 2002, WALKER et al. 2005, YOUNG 1971, YURTSEV 1994). Es werden fünf Subzonen (A–E) unterschieden, die durch Vegetationsverhältnisse im Tiefland (bis 333 m ü. M.) und die mittlere Juli-Temperatur charakterisiert sind, wobei sich angrenzende Subzonen um etwa 2°C unterscheiden.

Nicht alle Standortfaktoren verändern sich jedoch entlang des latitudinalen und altitudinalen Gradienten gleichartig. Unterschiede treten z. B. bei Niederschlägen, Schneebedeckung, Länge und Intensität der Einstrahlung oder Bodenfeuchtigkeit auf. Es ist daher anzunehmen, dass die Vegetation der Höhenstufen allenfalls in groben Zügen der Vegetation in den Zonen entspricht. Ungewiss ist ebenso die vertikale Ausdehnung der Höhenstufen, die angelehnt an

die adiabatische Abkühlung in der freien Atmosphäre von etwa 6°C pro 1000 m auf 333 Höhenmeter festgesetzt wurde (CAVM Team 2003, WALKER et al. 2002).

Abbildung 2 zeigt die Bioklimatischen Subzonen für Grönland, die aufgrund des starken Kontinentalitätsgradienten vom Inland zur Küste nicht vorrangig breitenkreisparallel angeordnet sind. Die Zuordnung der einzelnen Gebiete zu den verschiedenen Subzonen erfolgte dabei mit Hilfe von floristischen und vegetationskundlichen Studien sowie durch Klimadaten der meteorologischen Stationen (DANIÉLS et al. 2000). Aus der Karte wird allerdings nicht ersichtlich, dass sich die Subzonen nur auf die Tieflandgebiete Grönlands und damit nur auf etwa 20 % des eisfreien Landes anwenden lassen.

Trotz des hohen Anteils an Gebirgen konzentrierten sich die meisten Vegetationsuntersuchungen in Grönland bislang auf diese leichter zu erreichenden Tieflandgebiete (Tab. 1).

Tab. 1: Ausgewählte Publikationen mit Vegetationsaufnahmen aus Grönland unter Berücksichtigung der untersuchten Region, Subzone der arktischen Vegetationskarte CAVM (s. Abb. 2) und ihrem Beitrag zur Analyse der Gebirgsvegetation. Erläuterungen: \*Moose und Flechten nicht oder kaum berücksichtigt. Untersuchung enthält Aufnahmen (a) aus Höhenlagen >400 m ü. M. oder Angaben zur Höhendifferenzierung (h).

Method	Literatur	Region	Subzone	Gebirgsvegetation
Braun- Blanquet	KNAPP 1964	S	Boreal	a, h
	DANIÉLS 1994b	SE, S, W	D, E	-
	DIERSSEN & DIERSSEN 2005	W	D, E	-
	DANIÉLS 1982, DE MOLENAAR 1974, 1976	SE	D	a
	LÜNTERBUSCH ET AL. 1995	SE	D	-
	LÜNTERBUSCH & DANIÉLS 2004	W	D	-
	FREDSKILD 1998*	NE	B, C	a
	DANIÉLS 1994A	Grönland	A-E	-
Andere	STUMBÖCK 1993*	S	Boreal	a, h
	BÖCHER 1954, 1959, 1963	W	D,E	a
	BÖCHER 1933*	SE	D	-
	BAY 1998*, FREDSKILD & MOGENSEN 1997*	NE	C	a
	BAY 1997*	N	A	-

Vegetationsaufnahmen aus höheren Bereichen waren nur in geringer Zahl vorhanden und erste Ansätze zur Charakterisierung von Vegetationsstufen nur aus dem borealen Süden Grönlands bekannt.

## 1.2 Das AZV Projekt

Um dem skizzierten Forschungsbedarf zur arktischen Gebirgsvegetation nachzukommen, wurde im Jahr 2002 das AZV(Altitudinal Zonation of Vegetation)-Projekt initiiert. Auf der Grundlage einer detaillierten regionalen Studie in West-Grönland sollen folgende Ziele erreicht werden:

Ziele der regionalen Studie in West Grönland

- Charakterisierung der Gebirgsvegetation in Hinblick auf Flora, Vegetationstypen, Vegetationsmuster und Habitatbedingungen
- Feststellung von Veränderungen dieser Vegetationscharakteristika entlang des Höhengradienten

- Identifikation von brauchbaren Kriterien zur Unterscheidung von Höhenstufen der Vegetation (im folgenden „Vegetationsstufen“)
- Festlegung der Höhengrenzen dieser Vegetationsstufen

Generalisierung und Extrapolation

- Überprüfung der Höhenstufenhypothese der Circumpolar Arctic Vegetation Map (CAVM)
- Identifikation typischer Faktoren und Merkmale von Vegetationsstufung in der Arktis
- Erstellung einer ersten kleinmaßstäbigen Vegetationskarte für das gesamte Inland von West Grönland

## 2. Methoden

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Inland von West-Grönland, welches auf der CAVM der südlichsten latitudinalen Subzone E zugeordnet ist (Abb. 2). Es gliedert sich in die Teilgebiete Kangerlussuaq ( $67^{\circ}00'N$ ,  $50^{\circ}40'W$ ) direkt am Inlandeis, das Hauptuntersuchungsgebiet Angujârtorfik ( $66^{\circ}40'N$ ,  $51^{\circ}30'W$ ) im zentralen Teil sowie Qaqortorsûp ( $66^{\circ}34'N$ ,

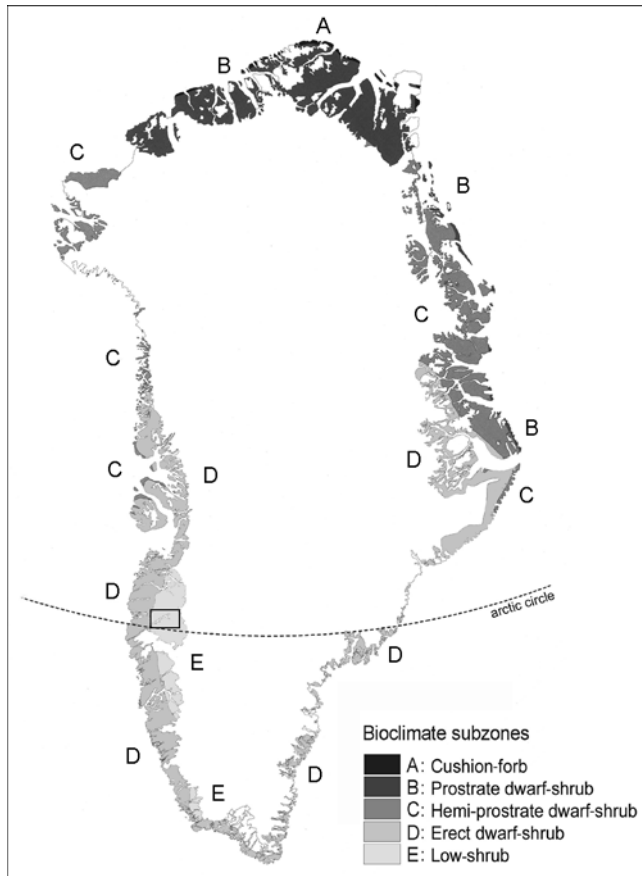


Abb. 2: Bioklimatische Subzonen in Grönland und Lage des Untersuchungsgebiets. (aus SIEG et al. 2006, leicht verändert)

52°13'W) an der Grenze zur ozeanischen Region (vgl. MINISTERIET FOR GRØNLAND 1980). Durch diese Gebietswahl wird die gesamte Breite der kontinentalen Region erfasst. Die Teilgebiete bestehen aus Gebirgskomplexen, die durch gerundete Bergkuppen charakterisiert sind, wobei die höchste Erhebung (1330 m ü. M.) sich im Teilgebiet Qaqortorsûp befindet. Dem Höhenstufenmodell der CAVM zufolge, müssten demnach bis zu vier Vegetationsstufen (e–b) im Gebiet auftreten.

Das Makroklima im Tiefland des Untersuchungsgebiets ist niederarktisch-kontinental. Die Daten der Klimastation in Kangerlussuaq (1976–1999) zeigen eine Jahresdurchschnittstemperatur von  $-5,7^{\circ}\text{C}$  sowie hohe Temperaturspannen zwischen wärmstem (Juli  $10,7^{\circ}\text{C}$ ) und kältestem (Februar  $-21,4^{\circ}\text{C}$ ) Monat (CAPPELEN et al. 2001). Der ozeanische Einfluss nimmt jedoch mit wachsender Entfernung von der Eiskappe zu. Dementsprechend liegen die jährlichen Niederschlagsmengen im Tiefland der beiden kontinentaleren Gebiete unterhalb von 200 mm, in Qaqortorsûp aber zwischen 200 und 400 mm (MINISTERIET FOR GRØNLAND 1980).

In allen drei Teilgebieten bildet Gneiss mit basischen Einschlüssen das Ausgangsgestein (GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE 1971, 1982). Dieser wird in vielen Bereichen durch glaziale, fluvioglaziale und äolische Ablagerungen überdeckt (DIJKMANS & TÖRNQUIST 1991, SCHOLZ & GROTENTHALER 1988). Ein großer Teil der Böden wird durch Permafrost, Kryoturbation und Solifluktion beeinflusst und kann als Cryosol klassifiziert werden (FAO Klassifikation, DRIESSEN et al. 2001).

## 2.2 Feld- und Laborarbeit

Die Feldarbeit fand in den Sommern der Jahre 2002 und 2003 in Kangerlussuaq und Angujårtorfik sowie in 2006 in Qaqortorsûp mit jeweils 2 bis 4 Personen statt. Die Analyse der Vegetation richtete sich nach der Braun-Blanquet Methode (BRAUN-BLANQUET 1964, WESTHOFF & VAN DER MAAREL 1973). 657 Vegetationsaufnahmen wurden in homogenen Beständen in allen Habitaten und möglichst vielen verschiedenen Höhenbereichen angefertigt. Die Größe der Aufnahmeflächen variierte je nach Vegetationstyp zwischen 1 und 4 m<sup>2</sup> sowie 16 m<sup>2</sup> für Gebüschvegetation. In jeder Fläche wurde die Artmächtigkeit aller Gefäßpflanzen, Moose und Flechten erfasst. Proben aller Moose und Flechten sowie einiger kritischer Gefäßpflanzen wurden für die spätere Nachbestimmung eingesammelt. Wichtige Standortfaktoren wurden gemessen (z. B. Höhe, Inklination, Exposition, Bodentiefe) oder geschätzt (Windexposition, Aperzeit, Bodenfeuchte, Solifluktion, Kryoturbation u. a.). Aus jeder Aufnahmefläche wurde eine Bodenprobe aus dem Wurzelhorizont als Flächenmischprobe entnommen und später im Labor hinsichtlich pH-Wert, Leitfähigkeit und organischer Substanz analysiert.

In vier Kartiergebieten (170–240, 530–610, 900–980, 1245–1310 m ü. M.), die in deutlich unterscheidbaren Vegetationsstufen lagen, wurden Vegetationskarten angefertigt. Die Vegetation dieser Kartiergebiete wird als repräsentativ für die jeweilige Vegetationsstufe betrachtet, da alle wichtigen Habitattypen (z. B. Süd- und Nordhänge, Ebenen, Kuppen) mit ihren typischen Vegetationstypen vorkamen. Aufgrund fehlender großmaßstäbiger Grundlagenkarten wurde die Vegetationskartierung mit Hilfe eines GPS-basierten Gitternetzes mit 25 m Maschenweite durchgeführt (Abb. 3), welches im Gelände durch Fahnen visualisiert wurde. Die Position jedes Vegetationsbestands konnte so auf den Kartierbogen übertragen werden, wobei Vegetationstyp, Exposition und Inklination festgehalten wurden. Darüber hinaus wurden in den Kartiergebieten zahlreiche Vegetationsaufnahmen angefertigt, um die korrekte Zuordnung zu den Vegetationstypen zu gewährleisten. In jedem Kartiergebiet wurden in den vier Habitattypen Nordhang, Südhang, Ebene und Kuppe Datalogger installiert, welche die Temperaturen im Vegetationsbestand alle 30 min aufzeichneten. Ursprünglich waren diese

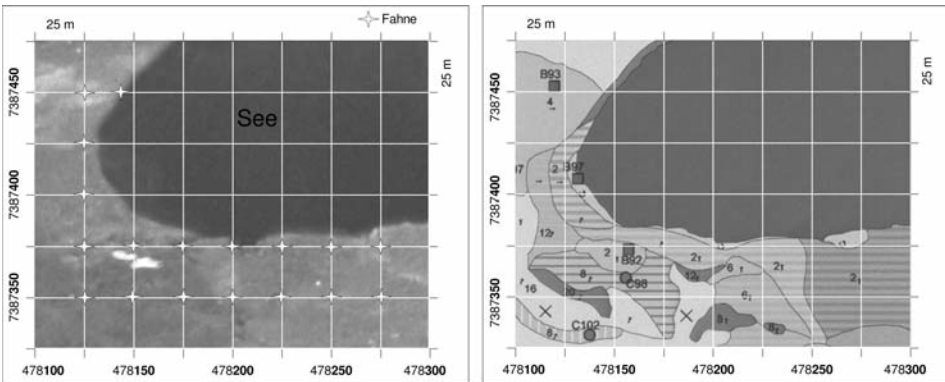


Abb. 3: Methode der Vegetationskartierung. Links: Luftbildausschnitt aus einem Kartiergebiet mit UTM-Koordinaten und Positionen der Fahnen. Rechts: Entsprechender Ausschnitt aus der fertigen Vegetationskarte

Messungen über den Zeitraum von einem ganzen Jahr vorgesehen. Aufgrund technischer Probleme liegen die teilweise lückenhaften Daten jedoch nur für fünf Monate vor.

Zusätzlich zu den Vegetationsaufnahmen und -karten wurden Höhen transekte angefertigt, die zu einer genaueren Festlegung der Höhengrenzen der Vegetationsstufen führen und dabei auch Unterschiede zwischen Süd- und Nordhängen aufdecken sollten. Dazu wurden entlang von Transektlinien, die in der Regel senkrecht zu den Höhenlinien auf Süd- oder Nordhängen verliefen, Aufnahmepunkte mit Hilfe von GPS-Koordinaten systematisch ausgewählt (vgl. ARP 2005). An diesen Punkten wurden Vorkommen, Häufigkeit und Habitate von Höhenindikatorarten und Höhenindikatorgesellschaften erfasst. Die statistische Auswertung dieser Transekte soll im abschließenden Jahr des Projekts Diskontinuitäten entlang des Höhengradienten aufdecken.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich im Folgenden nach BÖCHER et al. (1978), der Moose nach HILL et al. (2006) sowie der Pflanzengesellschaften nach SIEG et al. (2006).

### 2.3 Auswertung der Daten

Im Anschluss an die Nachbestimmung der Arten wurden alle Vegetationsaufnahmen in einer Datenbank verwaltet (Turboveg for Windows 2.34, HENNEKENS & SCHAMINÉE 2001). Die pflanzensoziologische Tabellenarbeit richtete sich ebenfalls nach der Braun-Blanquet Methode (z. B. DIERSCHKE 1994). Multivariate statistische Methoden (v. a. DCA) dienen zur Verbesserung und Überprüfung der Klassifikation sowie der Ermittlung wichtiger ökologischer Faktoren (CANOCO 4.5, TER BRAAK & SILAUER 2002).

Die Vegetationskarten wurden mit ArcView GIS Version 3.3 digitalisiert. Sie tragen zur Standortcharakterisierung der Vegetationseinheiten bei und dienen der Abschätzung ihrer Häufigkeit in den Vegetationsstufen. Aus den digitalisierten Karten wurden die Flächenanteile

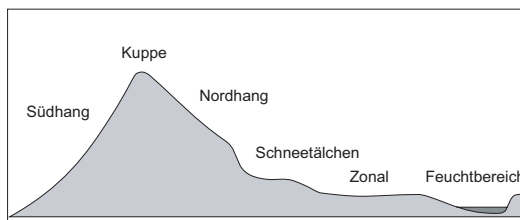


Abb. 4: Idealisierte Toposequenz mit Haupt-Habitattypen. (aus SIEG et al. 2006, leicht verändert)

le der Vegetationstypen errechnet und idealisierte Toposequenzen abgeleitet. Im Gegensatz zur ursprünglichen Form dieser Toposequenzen für die arktischen Subzonen (z. B. ELVEBAKK 1999, RAZZHIVIN 1999, WALKER et al. 2002), die vorwiegend den Feuchtegradienten berücksichtigen, wurde zusätzlich die Exposition einbezogen, da sie einen Schlüsselfaktor in Gebirgshabitaten darstellt (Abb. 4). Daraus ergeben sich sechs Habitattypen, denen mit Hilfe der Vegetationskarten und den Kopfdaten der Vegetationsaufnahmen die typischen Vegetationstypen für jede Vegetationsstufe zugeordnet wurden. Diese Toposequenzen stellen ein wichtiges Instrument zur Charakterisierung der Vegetationsstufen sowie deren Vergleich mit den latitudinalen Subzonen dar.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Klassifikation und Standortanalyse

Die Vegetationstypen werden in SIEG & DANIÉLS (2005) und SIEG et al. (2006) umfassend vegetationsökologisch dargestellt. Der pflanzensoziologische Teil des AZV-Projekts soll als Nachschlagewerk dienen und somit ein wichtiger Schritt für eine einheitliche Klassifikation der Vegetation in der Arktis darstellen. Deshalb wurden auch bereits beschriebene Einheiten auf ihre Gültigkeit (WEBER et al. 2000) hin überprüft, die Verbreitung und die Standorte der Vegetationstypen untersucht sowie vorhandene Literatur umfassend dargestellt. Die fünf neu beschriebenen Assoziationen umfassen einerseits Pflanzengesellschaften der Gebüsche (*Calamagrostio-Salicetum*, *Plagiomnio-Salicetum*), die zwar schon beschrieben, aber nicht klassi-

Tab. 2: Vegetationstypen und ihre Höhenverbreitung im Untersuchungsgebiet. Angaben zur Dominanz: d=dominant, f=häufig, c=gemein, o=gelegentlich ( )=fragmentarisch. Seltene Vorkommen wurden nicht berücksichtigt. K: Kategorie der Höhenindikatorgesellschaften, s. Abb. 7. (aus SIEG et al. 2006, verändert)

Vegetationstyp	Höhenstufe			K
	e	d	c	
<i>Calamagrostio lapponicae-Salicetum glaucae</i> Sieg, Drees & Daniéls 2006	f	.	.	1
<i>Carici supinae-Salicetum glaucae</i> prov.	f	.	.	1
<i>Plagiomnio elliptici-Salicetum glaucae</i> Sieg, Drees & Daniéls 2006	c	.	.	1
<i>Ledo decumbentis-Betuletum nanae</i> Böcher ex K. & B. Dierssen 2005	d	d	.	1,2,3
<i>Rhododendro lapponici-Vaccinietum microphylli</i> Daniéls 1982	c	c	.	1,2
<i>Empetro hermaphroditi-Betuletum nanae</i> Nordh. 1943	d	d	(o)	3,4
<i>Arabido holboelii-Caricetum supinae</i> Daniéls & Fredsk. in Fredskild 1998	d	d	(o)	4
<i>Hylocomio splendidis-Cassiopetum tetragonae</i> Fries 1913	o	f	c	3,4
<i>Carici nardinae-Dryadetum integrifoliae</i> Daniéls 1982	o	f	d	3,4
<i>Cassiopetum hypnoidis</i> Fries 1913	.	o	f	1,3,4
<i>Phippsietum algidae-concinnae</i> Nordh. 1943	.	(o)	f	1,3,4
<i>Pediculari flammeae-Caricetum bigelowii</i> Sieg, Drees & Daniéls 2006 & <i>Cerastium-Poa</i> Gesellschaft	.	.	f	1,2
<i>Tortello arcticae-Caricetum rupestris</i> Sieg, Drees & Daniéls 2006	.	.	f	1,2
<i>Racomitrium lanuginosum</i> Gesellschaft	.	.	f	1
<i>Thuidio abietini-Kobresietum myosuroidis</i> Sieg, Drees & Daniéls 2006	o	f	d	-
<i>Caricetum saxatilis</i> Nordh. 1928	c	c	o	-
<i>Caricetum rariflorae</i> Fries 1913	c	c	o	-
<i>Saxifrago nathorstii-Kobresietum simpliciusculae</i> Daniéls & Fredsk. in Fredskild 1998	o	o	o	-

fiziert waren, sowie andererseits drei Vegetationstypen, die nur in größeren Höhen vorkommen und deshalb bislang unbekannt waren (Thuidio-Kobresietum, Pediculari-Caricetum, Tortello-Caricetum). Zahlreiche Assoziationen wurden zudem weiter untergliedert. Alle Vegetationstypen des Untersuchungsgebiets sind in Tab. 2 aufgeführt. Allerdings stehen die Bearbeitung der Südhangvegetation sowie der Vegetation in Stufe b noch aus.

### 3.2 Höhenstufenanalyse

Die Höhengrenzen der Vegetationsstufen können aufgrund der Auswertung der Vegetationsaufnahmen, der floristischen Transekte aus 2003 sowie Geländebeobachtungen auf Nordhängen bei 400, 800 und (vorläufig) 1200 m ü. M. festgesetzt werden (Abb. 5). Auf Südhängen liegen sie wahrscheinlich um mindestens 50 Höhenmeter oberhalb. Genauere Angaben

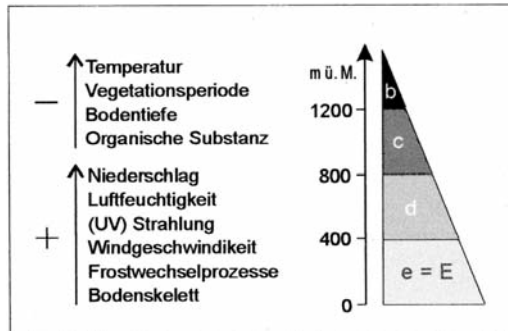


Abb. 5: Höhenstufen im Untersuchungsgebiet und Veränderung der abiotischen Faktoren entlang des Höhengradienten. Die dargestellten Höhengrenzen beziehen sich auf Nordhänge.

werden von der noch ausstehenden Analyse der Südhangvegetation und weiterer Höhentransekte erwartet. Im folgenden werden Charakteristika zur Unterscheidung dieser Stufen vorgestellt sowie abschließend ein vorläufiger Überblick über die Stufen gegeben. Da die Analyse von Stufe b noch nicht abgeschlossen ist, wurde sie nur im letzten Abschnitt berücksichtigt.

#### 3.2.1 Höhenindikatorarten

Bislang konnten 77 Höhenindikatorarten aus den 537 nachgewiesenen Arten identifiziert werden. Diese Arten weisen ein auffälliges Muster in ihrer Höhenverbreitung auf und sind zusätzlich leicht und eindeutig im Gelände erkennbar. Eine besondere Höhenverbreitung liegt dann vor, wenn das vertikale Vorkommen generell auf bestimmte Höhenbereiche begrenzt ist oder die Art ihre phytozoologische Amplitude, also ihre Bindung an bestimmte Pflanzengesellschaften, entlang des Höhengradienten ändert. Basierend auf diesen Kriterien wurden die ausgewählten Arten in vier Kategorien eingeteilt (Abb. 6). Die Kategorien „!““, „\_“ und „\*“ umfassen Arten mit begrenzter Höhenverbreitung, wobei Arten in Kategorie „!““ in vielen Vegetationstypen vorkommen und in allen dieselbe Höhenverbreitung aufweisen. Arten der Kategorie „\_“ sind dagegen auf ganz bestimmte Gesellschaften beschränkt (enge phytozoologische Amplitude). Kategorie „\*“ umfasst Pflanzenarten, die in einem Teil ihres Höhenbereichs eine enge phytozoologische Amplitude aufweisen und in dem anderen Teil in vielen Gesellschaften vorkommen. Diese Arten können zur Abgrenzung aller drei Stufen verwendet werden, indem man nicht nur ihr Vorkommen sondern auch ihre Bindung an bestimmte Gesellschaften erfasst. Kategorie „( )“ umfasst Arten, die zwar generell keine begrenzte Höhenverbreitung haben, aber dennoch aufgrund der Änderung ihrer phytozoologischen Amplitude als Indikatorarten verwendet werden können. Allerdings muss für diese Arten in jedem Fall ihre Bindung an Vegetationstypen erfasst werden. Der Höhenindikatorwert einer



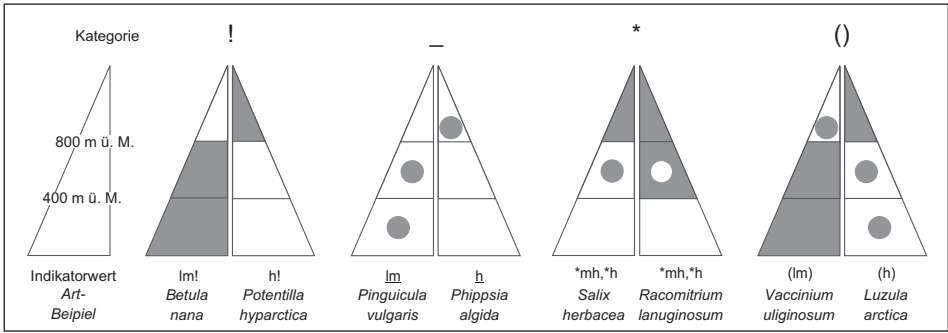


Abb. 6: Kategorien der Höhenindikatorarten. Für jede Kategorie sind zwei Art-Beispiele mit ihren Indikatorwerten dargestellt. Grau: Art kommt in zahlreichen Vegetationstypen vor. Weiß: Art fehlt. Grauer Kreis: Art kommt nur in speziellen Vegetationstypen vor. Weißer Kreis: Art fehlt in speziellen Vegetationstypen. Indikatorwert: l/m/h (Indikatorart für Stufe e/d/c) wird kombiniert mit der entsprechenden Kategorie. (aus SIEG et al. 2006, verändert)

Pflanzenart setzt sich dementsprechend aus dem angezeigten Höhenbereich (l/m/h) sowie der ermittelten Kategorie (!, -, \*, ()) zusammen. Eine Liste aller Indikatorarten mit ihren Indikatorwerten ist in SIEG et al. (2006) dargestellt. Die Höhenindikatorwerte wurden abschließend mit den entsprechenden Werten aus ähnlichen Indikatorsystemen („Altitude Distribution Types“ von SCHWARZENBACH 2000, „Thermophily-Index“ von KARLSEN & ELVEBAKK 2004) in anderen Teilen Grönlands verglichen, wobei sich eine gute Übereinstimmung ergab.

### 3.2.2 Höhenindikatorgesellschaften

Um zusätzliche Kriterien für die Unterscheidung von Höhenstufen zu erhalten, wurden auch die Pflanzengesellschaften auf ihre Höhendifferenzierung hin untersucht. Diese Kriterien sind besonders zur Unterscheidung von Stufe e und d wichtig, da diese floristisch ähnlich sind. Die Pflanzengesellschaften konnten aufgrund ihres unterschiedlichen Verhaltens entlang des Höhengradienten ebenfalls in vier Kategorien eingeteilt werden (Abb. 7): Zu den ersten

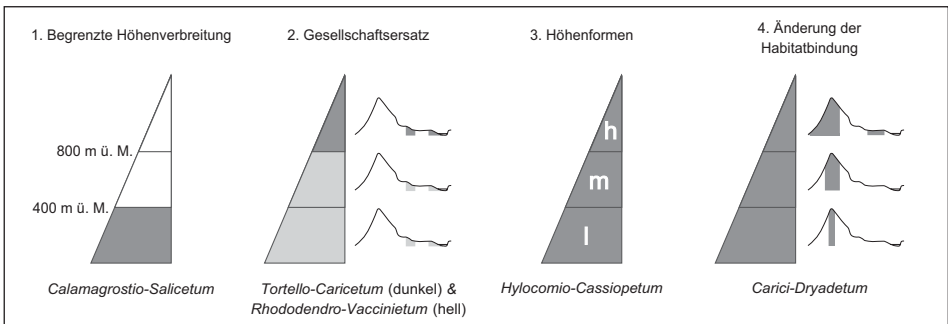


Abb. 7: Höhendifferenzierung der Pflanzengesellschaften im Untersuchungsgebiet. Für jede Kategorie 1-4 ist ein Beispiel einer Pflanzengesellschaft aufgeführt. Grau: Vegetationstyp vorhanden. Weiß: Vegetationstyp fehlt. l/m/h: untere/mittlere/obere Höhenform. Rechts: bevorzugte Habitattypen der Pflanzengesellschaft entlang der idealisierten Toposequenz. (aus SIEG et al. 2006, verändert)

beiden Kategorien (1, 2) gehören Vegetationstypen, die eine begrenzte Höhenverbreitung besitzen. Der Gesellschaftersatz (2) stellt eine Besonderheit dieser begrenzten Höhenverbreitung dar, da sich zwei Gesellschaften, die in ähnlichen Habitaten vorkommen, gegenseitig entlang des Höhengradienten ersetzen. Die letzten beiden Kategorien umfassen Vegetationstypen, die aufgrund des Auftretens verschiedener Höhenformen (3) oder einer Änderung

ihrer Habitatbindung (4) für die Unterscheidung von Höhenstufen verwendet werden können. In Tab. 2 sind die vorkommenden Pflanzengesellschaften diesen Kategorien zugeordnet.

### 3.2.3 Übersicht über die Vegetationsstufen

#### Stufe e (0–400/450 m ü. M.)

Diese Vegetationsstufe entspricht dem Tiefland der Region und wird auf der zirkumpolaren Vegetationskarte der südlichsten Bioklimatischen Subzone E zugeordnet (CAVM Team 2003). Diese „Subzone der Niedrigwüchsigen Gebüschvegetation“ ist in Grönland auf das kontinentale Inland mit hohen Sommertemperaturen beschränkt (Abb. 2). Neben dem Vorkommen von Gebüschern ist die kontinentale Region gekennzeichnet durch das Auftreten von Salzsee-Vegetation sowie im Besonderen durch ihre arktische Steppenvegetation (*Arabido-Caricetum supinae*), die optimal und großflächig ausgebildet ist (s. BÖCHER 1954, 1963, DREES & DANIÉLS, in prep.). Bezogen auf Grönland haben viele wärmeliebende oder salztolerante Arten einen Verbreitungsschwerpunkt in dieser Region oder sind auf sie beschränkt (z. B. *Arctostaphylos uva-ursi*, *Braya linearis*, *Carex capitata*, *Calamagrostis lapponica*, *Draba lanceolata*, *Gentiana detonsa*, s. FREDSKILD 1996).

Neben den Graminoiden der Steppenvegetation sind aufrechte Zwergsträucher wie *Betula nana*, *Ledum palustre* ssp. *decumbens*, *Empetrum nigrum* ssp. *hermaphroditum*, *Salix glauca* oder *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum* dominierende Arten im Tiefland. Sie bilden Assoziationen aufrechter Zwergstrauchheiden wie Empetro-Betuletum, Rhododendro-Vaccinietum und Ledo-Betuletum. Wichtige Indikatorgesellschaften des Tieflands sind die bereits erwähnten Weiden-Gebüsch, die an drei verschiedenen Standorttypen (Südhang, zonal, bachbegleitend) auftreten und sich in drei Assoziationen gliedern lassen (*Carici-Salicetum*, *Calamagrostio-Salicetum*, *Plagiomnio-Salicetum*, Abb. 8). Des weiteren differenziert sich das Tiefland von Stufe d durch das vollständige Fehlen von Schneetälchen-Vegetation. *Cassiope tetragona*-Heiden (*Hylocomio-Cassiopeetum*) und Fjellfluren (*Carici-Dryadetum*) kommen nur an Sonderstandorten vor. Für das Tiefland von Kangerlussuaq lagen bereits einige floristische und vegetationskundliche Studien vor (z. B. BÖCHER 1954, 1963, DIERSSEN & DIERSSEN 2005, FREDSKILD 1996). Das Tiefland in den anderen beiden Teilgebieten war dagegen botanisch bislang kaum bekannt.

#### Stufe d (400/450–800/850 m ü. M.), Abb. 9

Stufen d und e weisen zahlreiche Gemeinsamkeiten auf, da sowohl dominierende Arten als auch Vegetationstypen übereinstimmen. Stufe d unterscheidet sich jedoch vom Tiefland durch das Auftreten von fast 40 Höhenindikatorarten (z. B. *Carex misandra*, *Campanula uniflora*, *Hierochloa alpina*, s. SIEG et al. 2006). Sie grenzt sich zudem durch das Fehlen von Gebüschern, durch das Auftreten von Schneetälchen-Vegetation (*Cassiopeetum hypnoidis*, *Phippsietum*) sowie durch Dominanz von *Cassiope tetragona*-Heiden auf Nordhängen vom Tiefland ab. Darüber hinaus treten verschiedene Höhenformen und Habitatbindungen von Pflanzengesellschaften auf (Tab. 2). Zum Beispiel sind Fjellfluren auf Kuppen (*Carici-Dryadetum*) deutlich besser und großflächiger ausgebildet als in Stufe e (Abb. 7). Die Vegetationsstufe d ist in allen drei Teilgebieten des Untersuchungsgebiets vorhanden und war bislang wenig erforscht. Nur aus Kangerlussuaq lagen schon einige Aufnahmen von BÖCHER (1954) aus dieser Stufe vor.

#### Stufe c (800/850–1200/1250 m ü. M.)

In Stufe c nehmen vor allem die Arten der Schneetälchen (z. B. *Potentilla hyparctica*, *Salix herbacea*, *Saxifraga hyperborea*) und Fjellfluren (*Papaver radicum*, *Erigeron eriocephalus*) zu. Insgesamt steigt der Anteil ozeanischer und nördlich verbreiteter Arten (s. SIEG & DANIÉLS 2005). Der Übergang von Stufe d zu c wird durch 47 Indikatorarten sowie einen



Abb. 8: Tiefland (Stufe e) mit bachbegleitendem Weidengebüsch (*Plagiomnion-Salicetum*). Qaortors-súp 2006, 350 m ü. M.



Abb. 9: Stufe d wird von aufrechten Zwergstrauchheiden dominiert. Kangerlussuaq 2003, 450 m ü. M.



Abb. 10: In Stufe c herrschen Vegetationstypen mit Dominanz von Cyperaceen vor. Südhang mit *Thuidio-Kobresietum*, Qaortors-súp 2006, 960 m ü. M.



Abb. 11: Die Vegetation in Stufe b ist sehr lückig. Qaortors-súp 2006, 1270 m ü. M.

auffälligen Wechsel der vorherrschenden Wuchsform angezeigt. Die aufrechten Zwergsträucher aus den beiden unteren Stufen werden durch Graminoide (*Carex bigelowii*, *C. rupestris*, *Kobresia myosuroides*) und niederliegende Zwergsträucher (*Salix herbacea*, *Dryas integrifolia*) in ihrer Dominanz abgelöst (Abb. 10). Indikatorgesellschaften sind die von Graminoiden dominierten Assoziationen Tortello-Caricetum und Pediculari-Caricetum sowie die moosdominierte *Racomitrium lanuginosum*-Gesellschaft. Gut ausgebildete und differenzierte Schneetälchenvegetation ist für die Nordhänge charakteristisch. Zusätzlich unterscheiden sich die beiden Stufen durch verschiedene Höhenformen und Habitatbindungen von Pflanzengesellschaften (Tab. 2). Im Vergleich zur Grenze zwischen den Stufen e und d ist der Übergang von Stufe d nach c weitaus deutlicher und wahrscheinlich vergleichbar mit dem Übergang von der Nieder- zur Hocharktis (z. B. BLISS 1997, ALEKSANDROVA 1980). In Kangerlussuaq ist Vegetationsstufe c aufgrund der zu geringen Erhebungen nicht vorhanden. Vegetationskundliche oder floristische Untersuchungen lagen bislang für diese Stufe im Inland von West Grönland nicht vor.

#### **Stufe b (ab 1200/1250 m ü. M.)**

Es kann nur ein erster Eindruck von dieser Stufe vermittelt werden, da die Analyse des Datenmaterials noch nicht abgeschlossen ist. Die Vegetationsdecke ist insgesamt sehr lückig und wird hauptsächlich von Moosen und Flechten dominiert (Abb. 11). Die Böden sind flachgründig, steinig und arm an organischer Substanz. Häufige Gefäßpflanzen sind *Luzula confusa*, *Silene acaulis* und *Saxifraga*-Arten. Einige Arten, die in Stufe c vorherrschend sind, kommen nur noch an Sonderstandorten vor (z. B. *Dryas integrifolia*, *Salix herbacea*, *Carex* spp.). Die Vegetation setzt sich hauptsächlich aus drei Typen zusammen: an geschützten Stellen mit langer Schneebedeckung kommt eine spät aperne Schneebodengesellschaft mit hoher Deckung von *Anthelia* spp. vor. Auf stark von der Kryoturbation betroffenen Ebenen finden sich Polygonfelder mit einer lückigen Pflanzendecke. Fragmentarisch ausgebildete Fjellfluren dominieren auf den trockeneren Flächen. Diese Höhenstufe ist nur in den Gipfelregionen des Teilgebiets Qaqortorsšúp ausgebildet. Die Vegetation und Flora dieser Stufe waren bislang vollständig unbekannt.

## **4. Ausblick**

Im abschließenden Jahr des Projekts werden noch fehlende Daten zur Vegetationsstufung ergänzt und zu einem umfassenden Höhenstufenmodell vereinigt. Dies bezieht sich insbesondere auf die Vegetation der Südhänge und der Stufe b sowie auf die genauere Festlegung der Höhengrenzen mit Hilfe der Höhentransekte. Das vervollständigte Höhenstufenmodell wird eine wichtige Grundlage zum Monitoring des Klimawandels bilden. Vor allem die derzeitigen Höhengrenzen der Stufen, Indikatorarten und -gesellschaften sowie die detaillierten Vegetationskarten können zukünftig zur Aufdeckung und, in Kombination mit den Bioindikatorwerten, zur Erklärung von Vegetationsveränderungen genutzt werden.

Auf Grundlage des Höhenstufenmodells soll zudem eine erste kleinmaßstäbige Vegetationskarte für das kontinentale Inland West-Grönlands erstellt werden, die ebenso ein nützliches Instrument für zukünftige Forschungen darstellen wird. Zur weiteren Extrapolation der Ergebnisse für unbekannte und schwer zugängliche Gebirgskomplexe sollen einerseits entscheidende Faktoren und Eigenschaften der Vegetationsstufung in arktischen Gebirgen identifiziert werden. Andererseits soll die Übereinstimmung der Vegetation in den Höhenstufen mit der Vegetation in den latitudinalen Subzonen überprüft und somit die CAVM Höhenstufenhypothese beurteilt und modifiziert werden.

## 5. Danksagung

Mein herzlicher Dank geht an den Projektleiter Prof. Dr. F. J. A. Daniëls für die umfassende Unterstützung sowie an alle Projektmitglieder (K. Arp, B. Drees, Dr. T. Hasse, J. Hüls, O. Morgenstern, C. Sult) für die gute und erfolgreiche Zusammenarbeit. Für die Förderung des Projekts möchte ich mich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Förderung im Normalverfahren 2004–2007, DA 314/8-1;8-2) sowie beim Deutschen Akademischen Austauschdienst (Expeditionen in 2002 und 2003) bedanken. Mein Dank geht außerdem an die Fördergesellschaft der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, die 12 Datalogger für das Projekt sponserte.

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Publikation werden Ergebnisse des Forschungsprojekts AZV (Altitudinal Zonation of Vegetation) vorgestellt, welches sich mit der bislang wenig bekannten Vegetation in arktischen Gebirgen befasst. Ziele dieses Projektes sind die Charakterisierung und Abgrenzung von Höhenstufen der Vegetation im Inland von Westgrönland sowie die Bereitstellung von vegetationsökologischen Grundlagendaten für zukünftige Forschungsprojekte. Erstmals wird arktische Gebirgsvegetation umfassend nach der Braun-Blanquet-Methode analysiert, wobei auch die bislang unbekannte Vegetation größerer Höhen (700–1330 m ü. M.) einbezogen wird. Auf Grundlage von 657 Vegetationsaufnahmen, Standortparametern sowie vier Vegetationskarten werden Pflanzengesellschaften beschrieben, syntaxonomisch klassifiziert und ihre typischen Standortbedingungen dargestellt. Moose und Flechten werden intensiv bearbeitet, da ihnen sowohl in der Klassifikation als auch in der Höhendifferenzierung eine entscheidende Bedeutung zukommt. Die Charakterisierung und Abgrenzung von Vegetationsstufen erfolgt über das spezifische Verhalten von Vegetationstypen und Pflanzenarten entlang des Höhengradienten. Konzepte für Höhenindikatorarten und Höhenindikatorgesellschaften werden vorgestellt. Das Vegetationsmuster wird anhand von idealisierten Toposequenzen und Häufigkeit von Vegetationstypen berücksichtigt. Basierend auf diesen Merkmalen können vier Vegetationsstufen mit Höhengrenzen bei 400, 800 und 1200 m ü. M. unterschieden werden. Im abschließenden Jahr des Projekts wird ein umfassendes Modell dieser Höhenstufen entwickelt, welches Grundlagen für zukünftige Monitoringprojekte sowie zur Extrapolation bereitstellen wird.

## 6. Literatur

- ACIA (2004): Impacts of a warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. 146 S. – Cambr. Univ. Press, Cambridge.
- ALEKSANDROVA, V.D. (1980): The Arctic and the Antarctic: Their division into geobotanical areas. 247 S. – Cambr. Univ. Press, Cambridge.
- ARP, K. (2005): Höhenverbreitung und ökologische Einnischung von (potentiellen) Indikatorarten der Höhenstufen im Inland von West Grönland. 54 S. – Diplomarbeit, Inst. Ökol. Pfl., Univ. Münster. (unpubl.)
- BAY, C. (1997): Floristic and ecological characterization of the polar desert zone of Greenland. – *J. Veg. Sci.* **8** (5): 685-696.
- BAY, C. (1998): Vegetation mapping of Zackenberg valley, Northeast Greenland. 29 S. – Dan. Polar Center & Bot. Mus., Copenhagen.
- BLISS, L.C. (1997): Arctic ecosystems of North America. – In: WIELGOLASKI, F.E. (ed.): *Ecosystems of the world 3. Polar and Alpine Tundra.* – Elsevier, Amsterdam: 551-683.
- BÖCHER, T.W. (1933): Studies on the vegetation of the east coast of Greenland. – *Meddr. Grønland.* **104** (4): 1-134.

- BÖCHER, T.W. (1954): Oceanic and continental vegetational complexes in Southwest Greenland. – *Meddr. Grønl.* **148** (1): 1-336.
- BÖCHER, T.W. (1959): Floristic and ecological studies in middle West Greenland. – *Meddr. Grønl.* **156** (5): 1-68.
- BÖCHER, T.W. (1963): Phytogeography of middle West Greenland. – *Meddr. Grønl.* **148** (3): 1-289.
- BÖCHER, T.W., FREDSKILD, B., HOLMEN, K. & H. JAKOBSEN (1978): Grønlands Flora. 3. Aufl., 327 S. – P. Haase & Søn's Forlag, København.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 865 S. – Springer, Wien u.a.
- CAPPELEN, J., JØRGENSEN, B.V., LAURSEN, E.V., STANNIUS, L.S. & R.S. THOMSEN (2001): The observed climate of Greenland, 1958-99. 150 S. – Dan. Meteorol. Inst. (DMI), Tech. Rep. 00-18, Copenhagen.
- CAVM TEAM (2003): Circumpolar Arctic Vegetation Map. Scale 1:7,500,000. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) Map No. 1. – U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, Alaska.
- DANIÉLS, F.J.A. (1982): Vegetation of the Angmagssalik District, Southeast Greenland, IV. Shrub, dwarf shrub and terricolous lichens. – *Meddr. Grønl. Biosci.* **10**: 1-78.
- DANIÉLS, F.J.A. (1994a): Vegetation classification in Greenland. – *J. Veg. Sci.* **5** (6): 781-790.
- DANIÉLS, F.J.A. (1994b): Floristical variation of the Phyllodoco-Salicetum callicarpeae in Greenland. – *Coll. Phytosoc.* **23**: 359-372.
- DANIÉLS, F.J.A., BÜLTMANN, H., LÜNTERBUSCH, C. & M. WILHELM (2000): Vegetation zones and biodiversity of the North-American Arctic. – *Ber. Reinh.-Tüxen-Ges.* **12**: 131-151.
- DE MOLENAAR, J.G. (1974): Vegetation of the Angmagssalik District, Southeast Greenland. I. Littoral vegetation. – *Meddr. Grønl.* **198** (1): 1-80.
- DE MOLENAAR, J.G. (1976): Vegetation of the Angmagssalik District Southeast Greenland. II. Herb and snow-bed vegetation. – *Meddr. Grønl.* **198** (2): 1-266.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. 682 S. – Ulmer, Stuttgart.
- DIERSSEN, K. & B. DIERSSEN (2005): Studies on the vegetation of fens, springs and snow fields in West Greenland. – *Phytocoenol.* **35** (4): 849-885.
- DIJKMANS, J.W.A. & T.E. TÖRNQUIST (1991): Modern periglacial eolian deposits and landforms in the Søndre Strømfjord area, Western Greenland and their palaeoenvironmental implications. – *Meddr. Grønl. Geosci.* **25**: 1-39.
- DREES, B. & DANIÉLS, F.J.A.: Mountain vegetation of south-facing slopes in continental West Greenland. (in prep)
- DRIESSEN, P., DECKERS, J., SPAARGAREN, O. & F. NACHTERGAELE, eds. (2001): Lecture notes on the major soils of the world. – *World Soil Rep.* **94**: 1-337.
- EDLUND, S.A. & B.T. ALT (1989): Regional congruence of vegetation and summer climate patterns in the Queen Elisabeth Islands, Northwest Territories, Canada. – *Arctic* **42** (1): 3-23.
- ELVEBAKK, A. (1985): Higher phytosociological syntaxa of Svalbard and their use in subdivision of the Arctic. – *Nord. J. Bot.* **5** (3): 277-284.
- ELVEBAKK, A. (1999): Bioclimatic delimitation and subdivision of the Arctic. – In: NORDAL, I. & V.Y. RAZZHIVIN (eds.): The species concept in the High North - A panarctic flora initiative. – *Skr. Nor. Vidensk.-Akad. Oslo. I. Mat.-Naturv. Kl., Ny Ser. No.* **38**: 81-112.
- ELVEBAKK, A. (2005): 'Arctic hotspot complexes' - proposed priority sites for studying and monitoring effects of climatic change on arctic biodiversity. – *Phytocoenol.* **35** (4): 1067-1079.
- FØRLAND, E.J., SKAUGEN, T.E., BENESTAD, R.E., HANSEN-BAUER, I. & O.E. TVEITO (2004): Variations in thermal growing, heating, and freezing indices in the Nordic Arctic, 1900-2050. – *Arct., Antarct. Alp. Res.* **36** (3): 347-356.
- FREDSKILD, B. & G.S. MOGENSEN (1997): ZERO line, final report 1997. 36 S. – *Greenl. Bot. Surv. & Bot. Mus., Copenhagen.*
- FREDSKILD, B. (1996): A phytogeographical study of the vascular plants of West Greenland (62°20'-74°00'N). – *Meddr. Grønl. Biosci.* **45**: 1-157.
- FREDSKILD, B. (1998): The vegetation types of Northeast Greenland. – *Meddr. Grønl. Biosci.* **49**: 1-84.
- GRABHERR, G., PAULI, H., HOHENWALLNER, D., GOTTFRIED, M., KLETTNER, C. & K. REITER (2003): GLORIA: Alpine Vegetation and Climate Change. – In: LEE, C. & T. SCHAAF (eds.): Global Change Research in Mountain Biosphere Reserves. – *Proc. Int. Launching Workshop Entlebuch Biosphere Reserve, Switzerland, 10-13 November 2003.* UNESCO, Paris: 109-114.

- GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE (1971): Geologisk kort over Grønland. Søndre Strømfjord - Nûgssuaq. 1:500,000. – København.
- GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE (1982): Geological map of Greenland. Frederikshåb Isblink - Søndre Strømfjord. 1:500,000. – København.
- HENNEKENS, S.M. & J.H.J. SCHAMINÉE (2001): Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. – *J. Veg. Sci.* **12** (4): 589-591.
- HILL, M.O., BELL, N., BRUGGEMAN-NANNENGA, M.A., BRUGUÉS, M., CANO, M.J., ENROTH, J., FLATBERG, K.I., FRAHM, J.-P., GALLEGO, M.T., GARILLETI, R., GUERRA, J., HEDENÄS, L., HOLYOAK, D.T., HYVÖNEN, J., IGNATOV, M.S., LARA, F., MAZIMPAKA, V., MUÑOZ, J. & L. SÖDERSTRÖM (2006): An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. – *J. Bryol.* **28**: 198–267.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. 18 S. – IPCC, Geneva.
- KARLSEN, S.R. & A. ELVEBAKK (2004): A method using indicator plants to map local climatic variation in the Kangerlussuaq/Scoresby Sund area, East Greenland. – *J. Biogeogr.* **30**: 1469-1491.
- KARLSEN, S.R., ELVEBAKK, A. & B. JOHANSEN (2005): A vegetation-based method to map climatic variation in the arctic-boreal transition area of Finnmark, north-easternmost Norway. – *J. Biogeogr.* **32**: 1161-1186.
- KNAPP, R. (1964): Über Eigenschaften arktischer und subarktischer Vegetation am Beispiel der Pflanzenwelt in einigen Gebieten des südlichen Grønland. – *Ber. Oberhess. Ges. Nat.- u. Heilk. Gießen* **33**: 91-129.
- LÜNTERBUSCH, C. & F.J.A. DANIÉLS (2004): Phytosociological aspects of *Dryas integrifolia* vegetation on moist-wet soil in Northwest Greenland. – *Phytocoenol.* **34** (2): 241-270.
- LÜNTERBUSCH, C., BÜLTMANN, H. & F.J.A. DANIÉLS (1995): Eine pflanzensoziologische Übersicht der *Oxyria digyna*- und *Chamaenerion latifolium*-Vegetation im küstennahen Bereich Südost-Grønlands. – *Polarforschung* **65** (2): 71-82.
- MINISTERIET FOR GRØNLAND (1980): Holsteinborg. Sisimiut kommune. Natur og kulturforhold. 88 S. – København.
- RAZZHIVIN, V.Y. (1999): Zonation of vegetation in the Russian Arctic. – In: NORDAL, I. & V.Y. RAZZHIVIN (ed.): The species concept in the High North - A panarctic flora initiative. – *Skr. Nor. Vidensk.-Akad. Oslo. I. Mat.-Naturv. Kl., Ny Ser. No* **38**: 113-130.
- SCHOLZ, H. & W. GROTTENTHALER (1988): Beiträge zur jungholozänen Deglaziationsgeschichte im mittleren Westgrønland. – *Polarforschung* **58**: 25-40.
- SCHWARZENBACH, F.H. (2000): Altitude distribution of vascular plants in mountains of East and North Greenland. – *Meddr. Grøn. Biosci.* **50**: 1-193.
- SIEG, B. (2004): Altitudinal zonation of vegetation in continental West Greenland: A basis for monitoring climate change. – In: LEE, C. & T. SCHAAP (eds.): Global environmental and social monitoring. – *Proc. 1st Int. Thematic Workshop Vienna, Austria 9-11 May 2004. UNESCO, Paris*: 50-56.
- SIEG, B. & F.J.A. DANIÉLS (2005): Altitudinal zonation of vegetation in continental West Greenland with special reference to snowbeds. – *Phytocoenol.* **35** (4): 887-908.
- SIEG, B., DREES, B. & F.J.A. DANIÉLS (2006): Vegetation and altitudinal zonation in continental West Greenland. – *Meddr. Grøn. Biosci.* **57**: 1-93.
- STUMBÖCK, M. (1993): Vegetation und Ökologie von Narsarsuaq, Südwestgrønland. – *Diss. Bot.* **203**: 1-194.
- TER BRAAK, C.J.F. & P. ŠMILAUER. (2002): Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide. Software für canonical community ordination (version 4.5). 499 S. – Biometris, Wageningen and České Budějovice.
- WALKER, D.A., GOULD, W.A., MAIER, H.A. & M.K. RAYNOLDS (2002): The Circumpolar Arctic Vegetation Map: AVHRR-derived base maps, environmental controls, and integrated mapping procedures. – *Int. J. Remote Sens.* **23** (21): 4551-4570.
- WALKER, D.A., RAYNOLDS, M.K., DANIÉLS, F.J.A., EINARSSON, E., ELVEBAKK, A., GOULD, W.A., KATENIN, A.E., KHOLOD, S.S., MARKON, C.J., MELNIKOV, E.S., MOSKALENKO, N.G., TALBOT, S.S., YURTSEV, B.A. & the CAVM TEAM (2005): The Circumpolar Arctic Vegetation Map. – *J. Veg. Sci.* **16** (3): 267-282.
- WEBER, H.E., MORAVEC, J. & J.-P. THEURILLAT (2000): International Code of Phytosociological Nomenclature. 3<sup>rd</sup> ed. – *J. Veg. Sci.* **11** (5): 739-768.

- WESTHOFF, V. & E. VAN DER MAAREL (1973): The Braun-Blanquet approach. – In: WHITTAKER, R.H. (ed.): *Ordination and classification of communities*. – Junk, The Hague: 617-704.
- YOUNG, S.B. (1971): The vascular flora of St. Lawrence Island with special reference to floristic zonation in the arctic regions. – *Contrib. Gray Herb.* **201**: 11-115.
- YURTSEV, B.A. (1994): Floristic division of the Arctic. – *J. Veg. Sci.* **5** (6): 765-776.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Birgit Sieg, Institut für Ökologie der Pflanzen, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Hindenburgplatz 55, D-48143 Münster

[siegb@uni-muenster.de](mailto:siegb@uni-muenster.de)



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Sieg Birgit

Artikel/Article: [Vegetation und Höhenstufen im kontinentalen West-Grönland – Das AZV-Projekt – 75-90](#)