

Geographisches Institut  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn

**Analyse zum globalen Klimawandel:  
Bildvergleiche historischer und rezenter  
Dokumentationen von Gebirgsgletschern  
in Nordostgrönland**

**Diplomarbeit**

*Vorgelegt von*

MATTHIAS BERG  
aus  
Marburg an der Lahn

*Betreut durch*

Herrn Prof. Dr. A. DITTMANN

Bonn, den 22.2.2008

## Inhaltsverzeichnis

<i>Abbildungsverzeichnis</i> .....	iii
<i>Kartenverzeichnis</i> .....	v
<i>Tabellenverzeichnis</i> .....	v
<i>Eidesstattliche Erklärung</i> .....	vi
<i>Danksagung</i> .....	vii
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Fragestellung und Vorgehensweise</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Der theoretische Hintergrund</b> .....	<b>4</b>
3.1 Ausschnitte aus der Debatte zum globalen Klimawandel.....	4
3.1.1 Historische und aktuelle Aspekte.....	4
3.1.2 Auswirkungen des Klimawandels in der Arktis .....	7
3.1.3 Unterschiede der Perspektiven in Wissenschaft und Medien .....	13
3.2 Gletscher als Klimaindikatoren.....	20
3.2.1 Abhängigkeit der Gletscher von klimatischen Bedingungen.....	20
Gebirgsgletscher in der Arktis .....	23
<b>4 Bildvergleiche und Auswertung historischer Quellen als wissenschaftliche Methoden</b> .....	<b>28</b>
4.1 Die Methodik des Bildvergleiches .....	28
4.1.1 Bildvergleiche über vergletscherte Gebiete in geographischen Studien.....	31
4.1.2 Beispiele aus den Medien .....	33
4.2 Historische Dokumente als Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen.....	35
4.3 Aufnahme der Primärdaten in Nordostgrönland.....	36
<b>5 Nordostgrönland im Zusammenhang mit globalen Naturprozessen</b> .....	<b>39</b>
5.1 Regionale Prozesse und Einflussfaktoren .....	39
5.2 Physisch-geographische Grundlagen des Untersuchungsgebietes.....	44
5.3 Vorstellung des Untersuchungsgebietes .....	50
<b>6 Bildvergleiche von Gebirgsgletschern in Nordostgrönland</b> .....	<b>52</b>
6.1 Kar-, Tal- und Hängegletscher im inneren Kejsers Franz Josephs Fjord.....	52
6.1.1 Nordexponierte <i>Kargletscher der Fjordwand des Suess Landes</i> (1933 und 2006) .....	54
6.1.2 Bildvergleich des ins Meer fließenden <i>Borggletschers</i> (1931 und 2006).....	60
6.1.3 Bildvergleich <i>Fjordwand des Fraenkel Landes</i> (1933 und 2006) .....	62
6.1.4 Bildvergleich des <i>Kleinen Gletschers von der Payer-Spitze</i> (1933 und 2006).....	64

6.2 Gletscherzungen und Auslassgletscher am Ende des Keiser Franz Josephs Fjordes .....	66
6.2.1 Bildvergleich der <i>Gletscher am Eingang des Kjerulf Fjordes</i> (1931 und 2006).....	68
6.2.2 Bildvergleich von <i>Gletscherzungen des Riddar-Tales</i> (1933 und 2006).....	70
6.2.3 Bildvergleich zum <i>Nordenskiöld-Auslassgletscher</i> (1933 und 2006).....	72
6.3 Zwischenfazit: Bildvergleiche in Nordostgrönland .....	74
<b>7 Beschreibung der Eissituation während fünf Expeditionen nach Nordostgrönland.....</b>	<b>76</b>
7.1 Beobachtungen der Eissituation auf historischen Expeditionen .....	76
7.1.1 Eisbeobachtungen auf Expeditionen mit ALFRED WEGENER (1906-8 u. 1930-31) .....	77
7.1.2 Beobachtungen während Eisfahrten der Expedition von LAUGE KOCH (1931-34) .....	80
7.1.3 Die Eissituation der Expeditionen von LOUISE A. BOYD (1931 u. 33) .....	81
7.2 Auswirkungen der Eissituation auf die Expedition von ARVED FUCHS (2006) .....	82
7.3 Zwischenfazit: Vergleich der Eissituation aus den Expeditionsberichten .....	86
<b>8 Fazit: Bildvergleiche im Kontext des globalen Klimawandels.....</b>	<b>89</b>
<b>9 Quellenverzeichnis .....</b>	<b>91</b>
9.1 Monographien und Aufsätze .....	91
9.2 Zeitungsartikel & Internetquellen .....	97

### ***Abbildungsverzeichnis***

Abb. 1: Observed changes .....	6
Abb. 2: Arctic-wide and annual averaged surface air temperature anomalies.....	7
Abb. 3: Abgrenzung der Arktis.....	8
Abb. 4: Kalbungsfronten von a.) Kangerdlugssuaq-Gletscher und b.) Helheim-Gletscher .....	11
Abb. 5: Blick nach NW in den Kangerdlugssuaq-Fjord .....	12
Abb. 6: Fließsystem des Gletschers .....	20
Abb. 7: Längenänderungen norwegischer Gletscher .....	24
Abb. 8: Glaziologische Verhältnisse in Grönland .....	25
Abb. 9: Pasterzenzunge, Sturmkapelle, Großglockner, .....	31
Abb.10: Rückzug der Gletscherfront des Storstrømmen in Nordostgrönland .....	32
Abb.11: Pasterzenzunge mit Großglockner, Kärnten .....	33
Abb.12: Der Bossons-Gletscher.....	33
Abb.13: Blomstrandbreen glacier .....	34
Abb.14: Grafik über Meeresströmungen .....	39
Abb.15: Satellitenbild Nordatlantik .....	40
Abb.16: Lage des Untersuchungsgebietes in Nordostgrönland.....	45
Abb.17: Jahresmitteltemperaturen 1873-2003 in Ostgrönland.....	46

---

Abb.18: Räumliche Verteilungen der Veränderungen der Jahrestemperatur .....	47
Abb.19: Schematische geologische Übersichtskarte .....	49
Abb.20: Satellitenbild Untersuchungsraum .....	50
Abb.21: Innerer Kejsler Franz Josephts Fjord. ....	52
Abb.22: Fjordwand des <i>Suess Landes</i> .....	54
Abb.23: Kargletscher und Gletscherzunge im Norden des <i>Suess Landes</i> .....	55
Abb.24: Bildvergleich <i>Kargletscher des Suess Landes</i> .....	56
Abb.25: ETM/Landsat-Satellitenbild vom 12. Juli 2001 .....	57
Abb.26: Bildvergleich mit Größenangaben .....	58
Abb.27: Landsat-Satellitenbild vom 12. Juli 2001 .....	59
Abb.28: Bildvergleich „Northwestern Suess Land“ .....	60
Abb.29: Bildvergleich „Fraenkel Land“ .....	62
Abb.30: Bildvergleich "Small glacier in Suess Land“ .....	64
Abb.31: Eisberg im Fjord .....	65
Abb.32: Westliches Ende des Kejsler Franz Josephts Fjordes.....	66
Abb.33: Kalbungsfront des De Geer Gletschers .....	67
Abb.34: Bildvergleich "Kjerulf Fiord" .....	68
Abb.35: Bildvergleich "Riddar Valley" .....	70
Abb.36: Satellitenbild des Riddar Valley .....	71
Abb.37: Bildvergleich "Front of Nordenskiöld Glacier" .....	72
Abb.38: Das Expeditionsschiff im Eisfjord .....	82
Abb.39: Tafeleisberg des Ostgrönland-Stromes. ....	84
Abb.40: Packeisfeld im Ostgrönland-Strom am Umkehrpunkt.....	84
Abb.41: Satellitenbild vom Juli 2006 mit markanten Schiffsorten nach Expeditionsberichten .....	87

---

***Kartenverzeichnis***

Karte 1: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte.....	54
Karte 2: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte.....	61
Karte 3: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte.....	63
Karte 4: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte.....	65
Karte 5: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte.....	69

***Tabellenverzeichnis***

Tabelle 1: Niederschlagswerte ostgrönländischer Stationen .....	46
Tabelle 2: Temperatur und Niederschlagswerte für Zackenberg (1995-2002).....	46

## *Danksagung*

Zum Abschluss meines Studiums bekam ich durch die Teilnahme an einer Expedition nach Nordostgrönland mit dem Polarfahrer Arved Fuchs als Bootsmann auf dessen Segelschiff DAGMAR AAEN die wunderbare Gelegenheit, einen tief beeindruckenden Landschaftsraum kennen zu lernen und mich anschließend mit wissenschaftlichen Fragen betreffs dieser Region und den Problemen des globalen Klimawandels auseinandersetzen zu können.

Diese Möglichkeit verdanke ich zahlreicher Hilfe!

Allen voran möchte ich denen danken, die maßgeblich geholfen haben, diese Arbeit durchführen zu können: Herrn Prof. Dr. Andreas Dittmann für die bereits langjährige Hilfe bei der Themenfindung und Umsetzung der Ideen in ein Diplomarbeitsthema und Arved Fuchs für die Aufnahme in die Crew und Mitnahme auf dieser großartigen Expedition in die faszinierende Arktis! Aus der Crew danke ich besonders dem Schiffskoch Falk Mahnke für die Verpflegung mit Expeditions-Literatur sowie dem Geographen Dr. Martin Friederichs für die guten Ratschläge gleich nach der Expedition. Ebenso haben mir zu verschiedenen Zeitpunkten – besonders bei der Fertigstellung – immer wieder die Segelfreunde Alexander Steffens und Jan-Erik Kruse geholfen, ebenso Benjamin Etzold, Christoph Lauber, Sven Harmeling und Eva Lampe. Allen einen herzlichen Dank!

Doch mein zeitlich und räumlich recht ausgedehntes Studium war nur durch die vielseitige Unterstützung von meinen Eltern möglich, denen mein größter Dank gilt!

## 1 Einleitung

Diese Diplomarbeit untersucht mit Hilfe von Bildvergleichen, wie sich einzelne Gebirgsgletscher in Nordostgrönland seit früheren Aufnahmen verändert haben. Ergänzend wird die Beschreibung verschiedener Expeditionsberichte über das wechselhafte Vorkommen von Meereis betrachtet. So wird die Dynamik einer arktischen Hochgebirgsregion mit den anschaulichen Mitteln des Vergleiches historischer und rezenter Bilder und der Auswertung von Berichten analysiert.

Der Verfasser hat während einer Expedition mit dem Polarfahrer ARVED FUCHS in den hoch aufragenden Fjorden Nordostgrönlands sieben historische Aufnahmen von LOUISE A. BOYD aus den Jahren 1931 und 1933 an gleichem Ort wiederholt. Die im Bildvergleich erkennbaren Unterschiede der Eissituationen werden im Kontext lokaler und globaler Klimaänderungen betrachtet.

Der Klimawandel wird zu den „wohl komplexesten Gegenwartsproblemen der Menschheit“ (EHLERS & LESER 2002: 9) gezählt und steht daher im Fokus von Wissenschaft und Medien. Die offensichtlich hochgradige Abhängigkeit des Menschen von der Gunst des Klimas bewirkt, dass die Klimaforschung von großer gesellschaftlicher Relevanz ist (SCHÖNWIESE 2007). Dieser Zweig der Wissenschaft steht „stärker im Rampenlicht der öffentlichen Diskussion“ als andere Bereiche, da erforderliche Gegenmaßnahmen jeden betreffen und der Klimawandel „kein rein akademisches Problem [ist], sondern große und handfeste Auswirkungen auf die Menschen hat – für viele ist er sogar eine Bedrohung für Leib und Leben“ (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2007: 82 u. 7).

In der Arbeit wird daher auch auf Beiträge eingegangen, die nicht primär aus der geographischen Literatur und wissenschaftlichen Diskussion stammen. Da Bildvergleiche Möglichkeiten sowohl zur Untersuchung als auch zur anschaulichen Darstellung von Veränderungen bieten, werden sie in der Wissenschaft und den Medien verwendet.

Nordostgrönland eignet sich sehr gut für einen Bildvergleich, da die Polarregionen „eine Art Frühwarnsystem des Erdklimas [bilden], ein Klimawandel führt hier deutlich früher und stärker zu Veränderungen als etwa in gemäßigten Breiten oder in den Tropen“ (NOTZ 2007: 27). Die sichtbaren Landschaftsveränderungen lassen sich mittels Bildvergleichen für große Zeiträume untersuchen und darstellen, da die historischen Expeditionsberichte von Nordostgrönland weit vor den ersten Satellitenbildern und auch vor den ersten kontinuierlichen Zeitreihen mit meteorologischen Daten dieser Region entstanden sind.

Der in Bildvergleichen – auch denen dieser Arbeit – abzulesende Gletscherrückgang kann sichtbare Veränderungen aufzeigen und wird daher vom Verfasser als ein Teil der (Früh-)Warnungen vor den Folgen der Erderwärmung angesehen.

## 2 Fragestellung und Vorgehensweise

Im Mittelpunkt dieser Diplomarbeit steht die Analyse von Untersuchung und Darstellung der Landschaftsdynamik mittels eines Vergleiches historischer und rezenter Bilder aus Expeditionsberichten und der Aussagekraft solcher Untersuchungen im Rahmen des globalen Klimawandels.

Die zentralen Fragen dieser Arbeit lauten daher:

**-Welche Veränderungen an Gebirgsgletschern in Nordostgrönland können mit Hilfe der Methode des Bildvergleiches belegt werden?**

**-Welche Aussagen im Kontext des globalen Klimawandels sind mittels Bildvergleichen möglich und welche Rückschlüsse lassen die Ergebnisse dieser Arbeit zu?**

Die mit diesen Fragen verbundenen Themenfelder werden zunächst nacheinander behandelt und Verknüpfungen bezüglich einer Interpretation der Bildvergleiche aufgezeigt.

Daher gliedert sich der Aufbau der Arbeit folgendermaßen:

Im theoretischen Teil der Arbeit werden zunächst einzelne Aspekte der Klimadebatte betrachtet, um Bildvergleiche in den Kontext der aktuellen Diskussion einordnen zu können. Hierbei wird der Fokus auf die Arktis gelenkt (Kapitel 3.1).

Gebirgsgletscher eignen sich sehr gut für die Beobachtung von Veränderungen aufgrund der globalen Klimaerwärmung. Gletscher gelten als gute Indikatoren des Klimawandels, da sie stark auf die globale Erwärmung reagieren, wie in Kapitel 3.2 genauer ausgeführt wird.

Im Methodikteil werden Bildvergleich und Auswertung von historischen Quellen in den Kontext der geographischen Methodenvielfalt eingeordnet. Allgemeine Probleme und Möglichkeiten beim Untersuchen von Landschaftsdynamik mittels Bildvergleichen werden anhand geographischer Studien in vergletscherten Gebieten konkretisiert und zudem Beispiele aus den Medien wiedergegeben. Anhand der Aufnahme der Primärdaten in Nordostgrönland wird dargestellt, wie die Methodik des Bildvergleiches angewendet wird. Da ein historischer Expeditionsbericht für die Datenerhebung genutzt wurde folgt eine Betrachtung von Grundsätzen bezüglich wissenschaftlicher Untersuchungen mittels Auswertung historischer Dokumente (Kapitel 4).

Die physischen Grundlagen des Untersuchungsraumes werden über die sehr weit reichenden Naturprozesse von einer großräumigen Betrachtung ausgehend immer stärker auf den Untersuchungsraum im Hochgebirge Nordostgrönlands gelenkt. Dabei werden besonders die Prozesse thematisiert, die eine hohe Relevanz für globale Veränderungen haben (Kapitel 5).



---

Das Kapitel 6 gibt die Ergebnisse der empirischen Untersuchung wieder. Die in den 1930er Jahren von LOUISE A. BOYD erstellten historischen Aufnahmen von Gebirgsgletschern wurden räumlich anhand topographischer Karten genau zugeordnet und mit gleicher Perspektive wiederholt. Im Bildvergleich werden die mittels der Methode visueller Interpretation erkennbaren Veränderungen qualitativ analysiert.

In Kapitel 7 wird auf die Beschreibungen der Eissituation von fünf Expeditionen in die vom Ostgrönland-Strom geprägte Region eingegangen um diesen raumprägenden Faktor genauer darzustellen. Die Eindrücke der Expedition von 2006 werden mit früheren Berichten verglichen und so eine Auswertung historischer Dokumente in kleinerem Umfang vorgenommen.

Die Aussagen der im Rahmen dieser Arbeit erstellten und der zitierten Bildvergleiche und die Auswertung der Beschreibung der Eissituation in Expeditionsberichten werden im Fazit zusammenfassend betrachtet und in den Kontext der aktuellen Klimadebatte gestellt (Kapitel 8).

Insgesamt werden die persönlichen Einschätzungen des Verfassers im Wesentlichen erst im Fazit wiedergeben. Zuvor sollen wichtige Erkenntnisse aus der Wissenschaft und Beispiele aus den Medien anhand recht zahlreicher Zitate aufgezeigt werden.

## 3 Der theoretische Hintergrund

### 3.1 Ausschnitte aus der Debatte zum globalen Klimawandel

Der globale Klimawandel wird im Folgenden als „die zwar nicht global einheitliche, aber doch im globalen Mittel festzustellende Erwärmung der unteren Atmosphäre“ verstanden (SCHÖNWIESE 2007: 251). Der Temperaturanstieg von  $0.74^{\circ}\text{C}$  innerhalb des letzten Jahrhunderts (IPCC 2007) wird in direktem Zusammenhang mit der anthropogen verursachten Zunahme von Treibhausgasen und Landnutzungsänderungen gesehen.

Wie bereits in der Einleitung dargestellt, ist der globale Klimawandel aufgrund der hohen Komplexität sehr vielschichtig und die Klimadebatte umfangreich und kontrovers. Daher kann hier kein umfassender Überblick versucht werden, sondern die Darstellung einzelner für die Fragestellung der Arbeit besonders relevanter Aspekte.

#### 3.1.1 Historische und aktuelle Aspekte

Die historische Dimension der Klimadebatte wird der Darstellung einiger Aspekte der aktuellen Klimadiskussion vorangestellt, da Aussagen aus aktuellen Veröffentlichungen teilweise in erstaunlicher Ähnlichkeit bereits vor mehreren Generationen geäußert wurden.

Nachdem bereits 1824 von dem Mathematiker J.-B. FOURIER beschrieben wurde, dass die Spurengase in der Atmosphäre das Klima erwärmen, führt in den 1860er Jahren der Physiker J. TYNDALL Untersuchungen über die Wirkung von Treibhausgasen durch (RAHMSTORF 2007: 7). Auf die am Ende des 19. Jahrhunderts vom schwedischen Nobelpreisträger S. ARRHENIUS durchgeführten Berechnungen zum Einfluss des Kohlendioxides als Folge der Industrialisierung mit der Annahme eines Temperaturanstieges von  $4 - 6^{\circ}\text{C}$  bei Verdopplung des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes – der so genannten Klimasensitivität – wird mehrfach hingewiesen (z.B. FLOHN 1941; FLANNERY 2005; RAHMSTORF 2007; NEU 2007).

A. R. WALLACE fasste zu Beginn des 20. Jahrhunderts in seinem Buch *Des Menschen Stellung im Weltall* (1903) seine Erkenntnisse mit sehr bildreichen Worten zusammen:

„Der große Luftozean, der uns umgibt, hat die wunderbare Eigenschaft, die Wärmestrahlen der Sonne hindurchzulassen, ohne selbst von ihnen erwärmt zu werden; aber wenn die Erde aufgeheizt wird, erwärmt sich auch die Luft [...], denn reine, trockene Luft lässt die dunklen Wärmestrahlen zwar ungehindert passieren, aber der Wasserdampf und die Kohlendensäure [ $\text{CO}_2$ ] in der Luft fangen sie ein und absorbieren sie“ (FLANNERY 2005: 41).

Weitere Untersuchungen führten bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts dazu, dass „in den 1930er Jahren [...] in der Fachliteratur ein Zusammenhang der damals beobachteten Klimaerwärmung mit

dem Anstieg des CO<sub>2</sub> durch die Industrialisierung diskutiert [wurde]“ (RAHMSTORF 2007: 7). Bemerkenswert ist, mit welcher Voraussicht der Geograph H. FLOHN bereits in den 1940er Jahren den menschlichen Einfluss auf die Atmosphäre herausstellte und Aspekte der heutigen Diskussion in dem Sammel Aufsatz „*Die Tätigkeit des Menschen als Klimafaktor*“ (1941) vorwegnahm:

„Wir müssen drei Gruppen von anthropogenen Klimafaktoren unterscheiden: Bauwerke jeder Art, Land- und Forstwirtschaft sowie Verbrennungsvorgänge auf primitiver und höchster Kulturstufe. [...] Erheblich wichtiger als [...] die meist mehr für das Klein- und Mikroklima bedeutungsvollen Klimawirkungen des Menschen ist die Verbrennung in Industrie und Heizung sowie in Wald und Steppe und ihre Folgen, die in allerjüngster Zeit wieder gesteigerte Beachtung finden. [...] Das heißt also: die seit der Industrialisierung auftretende Kohlesäureproduktion stört das Bilanzgleichgewicht und führt zu einer fortlaufenden Steigerung des Kohlendioxidgehaltes der Luft. [...] Damit wird aber die Tätigkeit des Menschen zur Ursache einer erdumspannenden Klimaänderung, deren zukünftige Bedeutung niemand ahnen kann“ (FLOHN 1941: 13ff).

Auch wenn hinsichtlich von Quantifizierung und Ausmaß der Veränderungen noch mit größeren Unsicherheiten formuliert wird, so sind diese Aussagen einigen Kernsätzen erstaunlich ähnlich, mit denen 66 Jahre später das *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) einen Überblick über die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen für politische Entscheidungsträger zusammenfasst:

„Global increases in CO<sub>2</sub> concentrations are due primarily to fossil fuel use, with land-use change providing another significant but smaller contribution. Global greenhouse gas (GHG) emissions due to human activities have grown since pre-industrial times, with an increase of 70% between 1970 and 2004. Changes in atmospheric concentrations of GHGs and aerosols, land-cover and solar radiation alter the energy balance of the climate system.“ (IPCC 2007a: 4, geänderte Satzfolge).

Dieser vierte Bericht benennt die nachgewiesenen Veränderungen: „**Warming of the climate system is unequivocal, as is now evident from observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow and ice, and rising global average sea level**“ (IPCC 2007a: 1, Hervorhebung im Original).

In der Zusammenfassung der wissenschaftlichen Grundlagen dieses IPCC-Berichtes werden die Ergebnisse aus zahlreichen Untersuchungen genauer aufgeschlüsselt und quantifiziert:

„Der Kohlendioxid-Gehalt der Luft hat seit 1750 um 35% von 280 ppm auf 379 ppm im Jahr 2005 zugenommen. Die Zuwachsrate der letzten 10 Jahre ist die größte seit 50 Jahren. Der heutige Wert ist der größte in den letzten 650.000 Jahren. 78% der Erhöhung ge-

hen auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zurück und 22% auf Landnutzungsänderungen (z.B. Rodungen)“ (IPCC 2007b: 1).

Die Rolle der Polarregionen wird in dem Bericht besonders hervorgehoben und die sehr vorsichtigen Formulierungen in den früheren IPCC Berichten (zB. IPCC 2001) werden nun aufgrund von Messergebnissen wesentlich eindeutiger ausgedrückt:

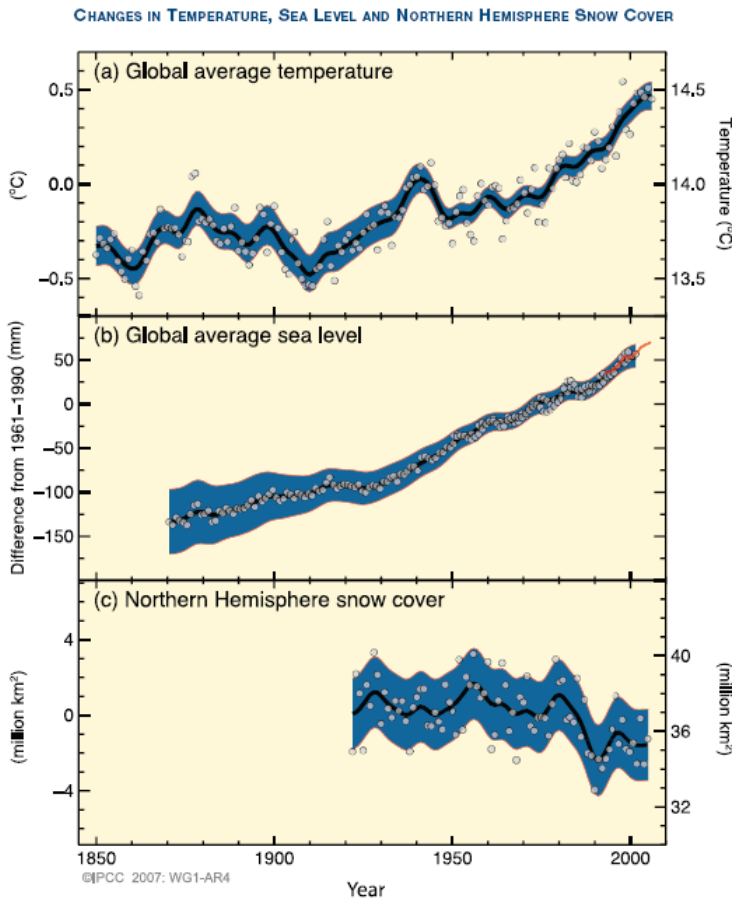


Abb. 1: Observed changes in (a) global average surface temperature, (b) global average sea level and (c) Northern Hemisphere snow cover for March-April. All changes are relative to corresponding averages for the period 1961–1990 (IPCC 2007a: 6)

„Die Erwärmung des Klimasystems ist ohne jeden Zweifel vorhanden. Die globale Oberflächentemperatur ist um  $+0,74^{\circ}\text{C}$  [für den Zeitraum 1906-2005] gestiegen, und 11 der letzten 12 Jahre waren die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Temperaturzunahme der letzten 50 Jahre ist doppelt so hoch wie die der letzten 100 Jahre, und die Arktis hat sich doppelt so stark erwärmt wie im globalen Mittel“ (IPCC 2007b: 1, Übersetzung des AWI).

Besonders auf die Rolle der auch in diesem Bericht besonders hervorgehobenen Erwärmung in der Arktis wird im Folgenden genauer eingegangen.

Es zeigt sich insgesamt in der Klimadebatte, dass qualitative Einschätzungen des Treibhauseffekts im Allgemeinen und die Einflussnahme des Menschen im Speziellen bereits seit langer Zeit geäußert werden und in den letzten Jahren auch in zunehmendem Maße quantifiziert werden können. Die Messungen ergeben einen

klar nachweisbaren Temperaturanstieg und der anthropogene Einfluss wird als „sehr wahrscheinlich“ (IPCC 2007b: 2) angesehen. Die Auswirkungen des globalen Klimawandels beinhalten ein solches Gefahrenpotential, dass zwei Generationen nach FLOHN sicherlich nicht mehr davon gesprochen werden kann, dass niemand die Bedeutung dieser Veränderungen ahnen könne.

Anlässlich der Veröffentlichung der IPCC Berichte wurden sehr deutliche Warnungen geäußert, so beispielsweise vom UN-Generalsekretär BAN KI MOON, denn „er verglich die von der Erderwärmung heraufbeschworene Gefahr mit der von Kriegen.“ (VORHOLZ (2007), DIE ZEIT).

### 3.1.2 Auswirkungen des Klimawandels in der Arktis

Die Auswirkungen des Klimawandels in der Arktis waren im August 2007 der Grund einer Reise der Bundeskanzlerin ANGELA MERKEL und des Bundesumweltministers SIGMAR GABRIEL nach West-Grönland, da sie hinfliegen, „um den Treibhauseffekt in Gestalt schmelzender Gletscher zu besichtigen“ (VORHOLZ 2007, DIE ZEIT). Dabei konnte auch die Öffentlichkeit durch die Medien einen Eindruck von den Veränderungen in der Arktis oder zumindest einige dramatische Bilder von Gletscherabbrüchen mitbekommen.

Im vorherigen Kapitel wurde darauf hingewiesen, dass die Temperatur in der Arktis mit einem doppelten Maße des globalen Durchschnittes ansteigt. Diese Erwärmung wird an anderer Stelle zeitlich noch genauer aufgeschlüsselt und damit der starke Anstieg in den letzten Jahrzehnten unterstrichen, denn in den letzten 30 Jahren hat die Oberflächentemperatur um  $0.5^{\circ}\text{C}$  pro Dekade zugenommen (OTTO-BLIESNER et al. 2006: 1751). Die extreme Entwicklung der arktischen Temperaturen wird sehr deutlich, wenn die Messungen von arktischen Landstationen in Relation zur globalen Durchschnittstemperatur gesetzt werden:

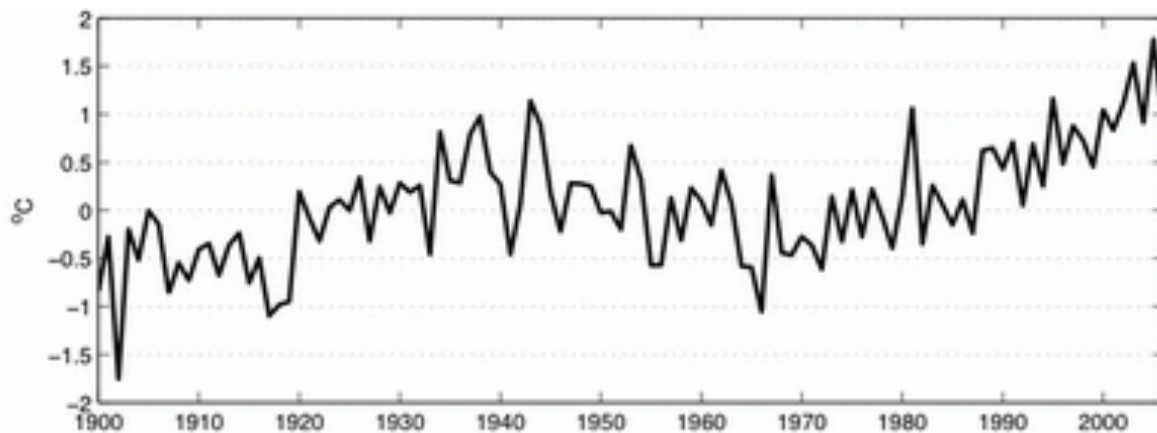


Abb. 2: Arctic-wide and annual averaged surface air temperature anomalies ( $60^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  N) over land for 1900-2006 based on the CRU TEM2V monthly data set. Anomalies are relative to the 20th century average. (OVERLAND et al. 2007: 2)

In einer das Internationale Polarjahr (März 2007 – März 2009) vorbereitenden Tagung im März 2006 unter dem Titel *Warnsignale aus den Polarregionen* wurde darauf hingewiesen, dass es sich um „Gebiete höchster Empfindlichkeit mit weltweiter Wirkung“ handelt, da im weltweiten Vergleich „die Veränderungen in der Arktis oft schneller ab[laufen] und gravierende Folgen für lokale Pflanzen und Tiere, aber auch für die ganze Welt [haben]“ (LOZAN et al. 2006: 6).

Zwei Jahre zuvor wurden im Bericht des Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) deutliche Warnungen geäußert. Die umfassende wissenschaftliche Darstellung von Ausmaß und Konsequenzen der Klimaänderungen in der Arktis wurde vom Arktischen Rat – ein Zusammenschluss der acht Anrainer der Arktis Dänemark/Grönland, Finnland, Island, Kanada, Norwegen, Russland, Schwe-

den und den USA – zusammen mit dem Internationalen Arktischen Wissenschaftskomitee (IASC) in Auftrag gegeben. Rund 300 Wissenschaftler arbeiteten an dem Bericht über vier Jahre hinweg. Die globale Bedeutung der Arktis wird auch hier wieder in den Vordergrund gestellt und die bereits sichtbaren Veränderungen durch eine besonders schnelle Erwärmung der Arktis betont (ACIA 2004).

„Der ACIA-Bericht verdeutlicht in eindrücklicher Weise, dass die Arktis eine Art Frühwarnsystem für die zunehmende Klimaänderung ist: Wie diese sich auswirken wird, zeigt die Arktis bereits heute in Ansätzen. Die Arktis ist extrem verwundbar und erfährt weltweit mit die schnellste und ernsthafteste Klimaänderung. Weiterhin wird in der Studie bekräftigt, dass der Klimawandel größtenteils aus den vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen resultiert“ (ZETSCHKE et. al 2005: 4).

Die starke Sensitivität der Polargebiete auf Temperaturschwankungen wird auch an anderer Stelle herausgestellt und mit der Tatsache erklärt, dass sich bereits bei einer leichten Erwärmung der Atmosphäre durch die damit verbundene Reduktion der Schnee- und Eisflächen die Albedo stark verändern kann und so ein über Rückkopplungen noch zusätzlich verstärkter Effekt den Energiehaushalt dieser Gebiete – aber auch des globalen Klimasystems – beeinflusst. Auswirkungen der Er-

wärmung sind auch an den Gletschern zu erkennen, die in vielen Gebieten in der Arktis innerhalb des 20. Jahrhunderts einen markanten Rückgang an Fläche und Volumen aufweisen (THANNHEISER & WÜTHRICH 2002).

Dieser Rückgang wird ebenso im ACIA-Bericht herausgestellt und die Reduktion des Meer- und Landeises sowohl als Hauptindikator als auch Motor des Klimawandels angesehen.

Die Veränderungen in der Natur werden in dem Bericht nicht allein aufgrund von wissenschaftlichen Untersuchungen aufgezeigt, sondern auch über die Erfahrungen der Inuit verdeutlicht:

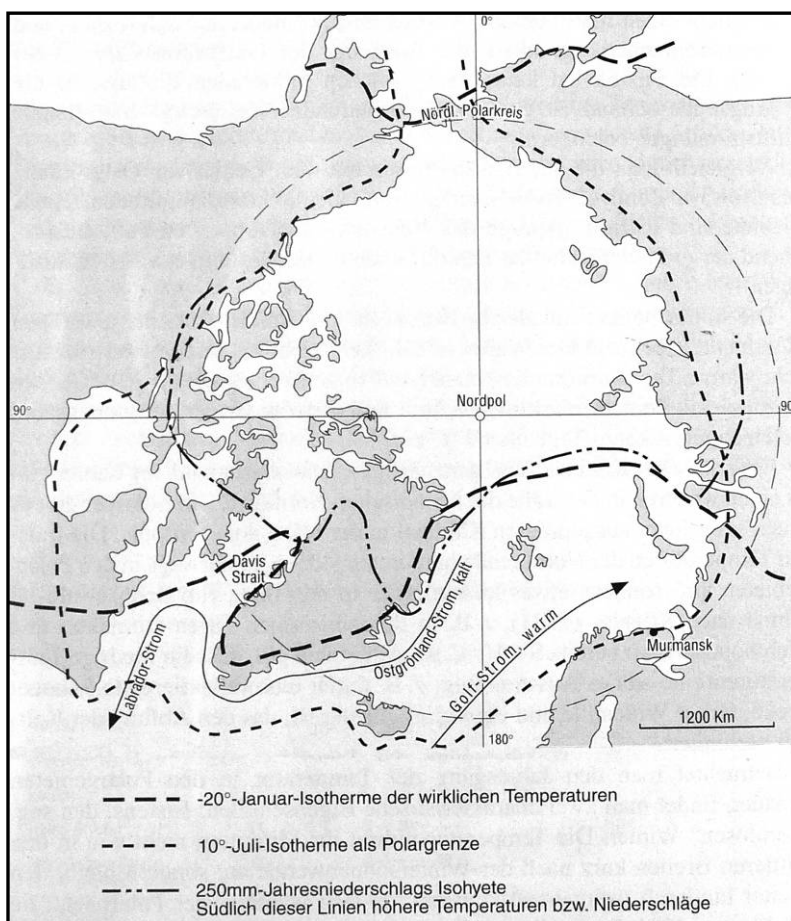


Abb. 3: Abgrenzung der Arktis (THANNHEISER & WÜTHRICH 2002: 40)

„Wenn es viel Eis gibt, machst Du Dir keine Sorgen über Stürme. Dann gehst du einfach raus und lenkst zwischen den Eisschollen. Aber in den letzten Jahren gab es kein Eis. Wenn es stürmt, kann man nicht mehr rausfahren...“ *Andy Carpenter, Sachs Harbour, Kanada, 1999* (ACIA 2004, zit. aus ZETSCHKE et. al 2005: 6).

Die Abhängigkeit von einem fragilen Ökosystem führt dazu, dass bereits leichte Veränderungen wie eine Jahreszeit mit weniger Schnee und stattdessen mehr Regen der indigenen Bevölkerung die Lebensgrundlage entziehen kann (FLANNERY 2005).

In einem Bericht zur Grönlandreise von Bundeskanzlerin und Umweltminister wird ebenfalls auf die starke Eisschmelze in Grönland hingewiesen. Bei den Angaben zum Temperaturanstieg wird der Zeitraum der Messreihen jedoch fälschlicherweise verkürzt und so wird für die globale Temperatur angegeben, sie habe sich innerhalb des letzten Jahrzehnts um 0,74 Grad erhöht (GATHMANN 2007, SPIEGEL-ONLINE), welches laut IPCC für das letzte Jahrhundert zutrifft (IPCC 2007).

Die in Abbildung 2 wiedergegebene Temperaturentwicklung relativ zur globalen Temperatur zeigt einen starken Anstieg bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Bereits Untersuchungen aus den 1950-Jahren weisen auf die starken Veränderungen in der Arktis hin, wobei gleichzeitig ein Problem der Forschungen in diesem Bereich genannt wird: „Meteorologische Beobachtungen in allen Gebieten der Arktis haben gezeigt, daß hier von einer regelrechten Klimaänderung gesprochen werden kann. [...] Aus den meisten arktischen Gebieten fehlen allerdings langjährige meteorologische Beobachtungen“ (FRISTRUP 1952: 201).

Aufgrund der fehlenden Datenreihen werden verschiedenste Vergleichsmöglichkeiten herangezogen, so auch die Auswertung von Historischen Quellen und ein Vergleich der damals durchgeführten Beobachtungen mit der aktuellen Situation:

„Die meisten Gletscher auf Grönland sind in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen, besonders seit 1920. [...] Viele der perennierenden Schneefahnen bestehen nicht mehr, und die meisten Grönlandfahrer können von Schneefahnen oder von kleinen Gletschern berichten, die nahezu verschwunden sind. [...] Nach Aussagen der Polareskimos ist keiner der Gletscher seit 1920 weiter vorgedrungen. Nach 1920 gingen die Gletscher zurück und die Abschmelzung dauert immer noch an. [...] Dort wo LAUGE KOCH und KNUD RASMUSSEN nicht mit ihren Schlitten durchkommen konnten und ihr Gepäck die steilen Felswände hinaufbringen mußten oder auf andere Weise die Eisschraubungen umgingen, konnte ich 1948 und 1949 ohne Mühe bis an die feste Eisfront fahren. [...] Wo die Danmark-Expedition 1908 einen Nunatak hinter dem Gletscherrand fand, sieht man heute zwei Inseln; die eine liegt ein Stückchen vor, die andere im Gletscherrand“ (FRISTRUP 1952: 202ff).

In diesen Ausführungen werden auch die Unterschiede in der Eisdynamik in den verschiedenen Regionen betont: während sich die Gletscher in Südgrönland in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts deutlich zurückgezogen haben, „zeigen die nordgrönländischen und besonders die nordwestgrönländischen Gletscher einen anderen Rhythmus“ (ebd.). Auch eine Messung an einem Gletscher in Nordostgrönland wurde durchgeführt und zeigte im Vergleich zu früheren Messungen: „Dieser Gletscher hat sich nicht so viel zurückgezogen, die Front ist tot, und die Dicke des Eises vermindert sich ständig. Gleichzeitig ist der Gletscher schmaler geworden“ (ebd.) In den weiter südlich gelegenen Gebieten werden zahlreiche Beweise für Abschmelzungen gefunden. Der Gletscherrückgang lasse sich deutlich an den zwei großen Moränen-Systemen vor den meisten Gletscherzungen erkennen.

Bereits in diesen Untersuchungen wird eine Tendenz des stärkeren Rückganges der Gletscher im Süden und nur geringerer Veränderungen im Norden aufgezeigt, die von neuesten Forschungen bestätigt wird. In einer aktuellen Forschung über den Zeitraum von 1996 bis 2005 mittels Satellitenmessungen wird in weiten Teilen Grönlands eine starke Beschleunigung der Abflussgeschwindigkeit und ein deutlicher Massenverlust von Gletschern gemessen. Einzelne Gletscher in Nordgrönland zeigen zwar auch einen Anstieg der Fließgeschwindigkeit, dabei jedoch eine ausgeglichene Massenbilanz. Im zentralen Ostgrönland können an zwei Gletschern keine Veränderungen der Fließgeschwindigkeit festgestellt werden. Zusammenfassend werden die Veränderungen und der Massenverlust im Norden Grönlands als nur gering bezeichnet. Doch die im Ansatz erkennbaren Veränderungen lassen die Autoren zu der Befürchtung gelangen: “If more glaciers accelerate further north, especially along the west coast, the mass loss from Greenland will continue to increase well above predictions” (RIGNOT et al. 2006: 990).

Eine andere Untersuchung mittels Wiederholungsaufnahmen von stereoskopischen Satellitenbildern gibt als stärkste beobachtete Eisdynamik von Auslassgletschern die Veränderungen des Kangerdlugssuaq-Gletschers in Südostgrönland an.

Auf diese Studie soll hier genauer eingegangen werden, da sie deutliche Auswirkungen des Klimawandels in der Arktis aufzeigen kann. Zudem wird dieses Beispiel im Zusammenhang mit der Methode des Bildvergleiches nochmals aufgegriffen, da es gute Vergleichsmöglichkeiten zwischen der in dieser Arbeit angewandten Methode und Möglichkeiten von Fernerkundung liefert.

Die Aufnahme der Gletscherstirn eines kleineren Auslassgletschers ist in Kap. 6.2.3 wiedergegeben. Die in der folgenden Abbildung dargestellten Untersuchungen mittels Luft- und Satellitenbildern belegen Veränderungen von Auslassgletschern des Inlandeises.



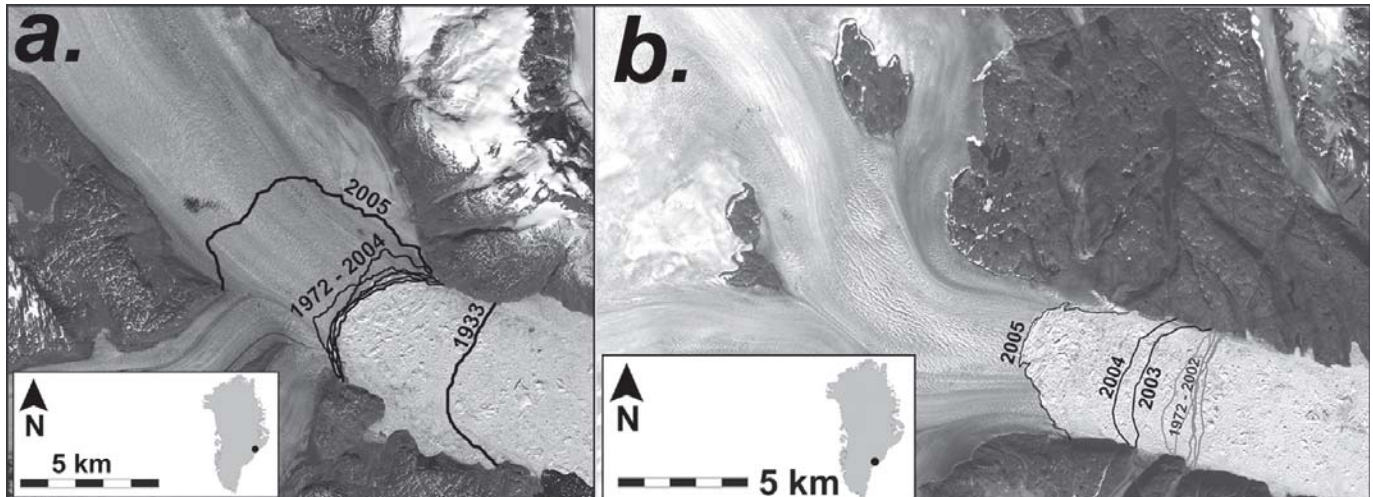


Abb. 4: Kalbungsfronten von a.) Kangerdlugssuaq-Gletscher und b.) Helheim-Gletscher in Ostgrönland unter Verwendung von Luftbildern (1933) und Landsat+ASTER Satellitenbildern (STEARNS & HAMILTON 2006: 8)

Beim Kangerdlugssuaq- und Helheim-Gletscher sind Zunahmen der Fließgeschwindigkeit um maximal fast 300% von 5 km/a auf 14 km/a und von 5 km/a auf 11 km/a zwischen 2001-2005 und eine Rückverlagerungen der Kalbungsfront um drei bis fünf Kilometer seit Juli 2001 gemessen worden. Zuvor sind sie über annähernd 30 Jahre quasi-stationär gewesen. Diese Veränderungen werden im Wesentlichen damit begründet, dass die höheren Sommertemperaturen eine Steigerung des Schmelzwasserabflusses bewirken, welches am Grund der Gletscher aufgestaut wird und so die Fließgeschwindigkeit erhöht. Ebenso wird eine Absenkung der Gletscheroberfläche von 100-200m festgestellt (STEARNS & HAMILTON 2006+07). Die genannten Auslassgletscher zeigen mit ihren schnelle Veränderungen eine starke Eisdynamik und die Untersuchungen zeigen, dass „**large changes in ice dynamics can occur on short timescales** of a few years“ (STEARNS & HAMILTON 2006: 10, Hervorhebung im Original).

Ähnliche Veränderungen werden auch an anderen Gletschern am Rande des Inlandeises in anderen Regionen südlich von 70°N nachgewiesen. Wiederum mit starken regionalen Unterschieden belegen auch diese Untersuchungen, die Veränderungen der nördlichen Gletscher seien „less evident“ (STEARNS et al. 2007: 1). Die Auswirkungen auf den Meeresspiegel und die Verstärkung dieses Eintrages durch das Abschmelzen des grönländischen Inlandeises führt nach den Untersuchungen von STEARNS et al. (2005) zu einem Meeresspiegelanstieg von 0.57 mm/Jahr. Damit hat sich der Eintrag gegenüber den ersten Messungen 1996 (0.23 mm/Jahr) verdoppelt (ebd.).

Es zeigt sich auch an dieser Stelle die im ACIA-Bericht aufgeführte Vernetzung der Arktis mit anderen Gebieten der Welt und daher können „regionale Klimaveränderungen, wie sie verstärkt in der arktischen Region zu beobachten sind, [...] nicht aus dem globalen Kontext herausgelöst betrachtet werden“ (ZETSCHKE et. al 2005: 17).

So können die lokalen Auswirkungen als ein Beispiel für das Zusammenwirken verschiedener Effekte auf das globale Klimasystem angesehen werden und spielen daher auch im Hinblick auf die globalen Auswirkungen des Klimawandels eine wichtige Rolle.

Die Szenarien der Klimamodelle des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg prognostizieren, „dass die Arktis im Sommer gegen Ende des 21. Jahrhunderts völlig eisfrei sein wird, wenn der Ausstoß von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen unvermindert anhalten sollte. [...] Besonders ausgeprägt ist die Erwärmung in hohen nördlichen Breiten“ (LOZAN et al. 2006: 13).

Die Auswirkungen, die diese Veränderungen mit sich bringen, wurden eindringlich in den wissenschaftlichen Auswertungen über die *Warnsignale aus den Polarregionen* beschrieben. In Hinblick auf die lokalen und globalen Folgen dieser Veränderungen in der Arktis sollen hier einige Aussagen zitiert werden:

„Die heutigen Ergebnisse zeigen, dass sich das Klima eher schneller ändert als erwartet. [...] Wir müssen daher mit einer starken Abnahme der Gletscher, einem Rückgang des Meereises sowie dem weiträumigen Abtauen von Permafrostgebieten rechnen. Dies wird [...] viel intensiver in der nördlichen Polarregion geschehen. Die Folgen sind vielfältig. Der Meeresspiegel wird noch schneller als heute ansteigen, und die kleinen Inseln und tief liegenden Küstenregionen vor allem in Entwicklungsländern, die nicht in der Lage sind, wirksame Hochwasserschutzmaßnahmen zu treffen, sind stark bedroht. [...] Man befürchtet aufgrund der Rückkopplungsprozesse einen sprunghaften Anstieg der mittleren Erdtemperatur. Wir befinden uns bereits jetzt in einem Klimawandel, der bei fehlendem Klimaschutz zu Temperaturen führen kann, wie sie die Erde seit mindestens einer Million Jahre nicht mehr erlebt hat. Zahlreiche Studien zeigen unmissverständlich, dass der Mensch maßgeblich das Klima der Erde beeinflusst“ (LOZAN et al. 2006: 5f).



Abb. 5: Blick nach NW in den Kangerdlugssuaq-Fjord

Foto: BERG 2006

### 3.1.3 Unterschiede der Perspektiven in Wissenschaft und Medien

Die Geographen R. DIKAU und J. POHL charakterisieren allgemein die Auseinandersetzung mit Naturgefahren in der Wissenschaft damit, dass diese „aufgrund der Aufgabenstellung eine längerfristige Perspektive und ein breiteres Umfeld im Blick [haben]. Die Katastrophe ist gleichsam nur der Höhepunkt in einem System und einem Prozess, bei dem es um komplexe Zusammenhänge geht“ (DIKAU & POHL 2007: 1029). Der globale Klimawandel wird in der vorliegenden Arbeit als eine solche Naturgefahr angesehen.

#### Die Eigenlogik der Medien und Interaktion mit der Wissenschaft

Einen grundsätzlichen Unterschied der Diskussionen in Wissenschaft und den Medien wird in einem der Eigenlogik der Medien entsprechenden schnellen Wechsel der Themen gesehen. In der medialen Berichterstattung gehe es hauptsächlich „um dramatische Ereignisse, um Schäden, Wiederaufbau, Vorsorgemaßnahmen und Verantwortlichkeiten. Solche Katastrophen sind das tägliche Brot der Medien, denen es darum geht, Sensationen und unerwartete Neuigkeiten zu vermitteln, effektvolle Bilder zu präsentieren, Betroffenheitsgefühle auszulösen und auch ein Stück weit zu unterhalten“ (DIKAU & POHL 2007: 1029). Auch andere Autoren stellen fest: „In den Medien sind grundsätzlich Sensationen, Katastrophen, Konflikte oder Außenseitermeinungen besonders gut zu verkaufen [...]. Sie interessiert die Leserschaft am meisten und steigern deshalb die Beachtung. Für eine differenzierte Betrachtungsweise bleibt da in vielen Fällen kein Platz“ (NEU 2007: 982).

Die Unterscheidung zwischen seriöser und einer auf große mediale Effekte ausgerichteten Berichterstattung ist hinsichtlich der Möglichkeiten der Darstellung mit Hilfe von Bildvergleichen wichtig und wird hier daher etwas genauer ausgeführt. Mit dieser Betrachtung soll auf die hinter der Aufmerksamkeitsgewinnung stehenden Strukturen eingegangen werden. Es wird nicht der Anspruch einer Diskursanalyse erhoben, sondern es soll nur auf Grundstrukturen hingewiesen werden. Diese Ausführungen werden später in der kritischen Betrachtung eines Beispiels der Verwendung von wissenschaftlichen Themen in den Medien und in der Diskussion der Bildvergleiche im Kontext der Klimadebatte aufgegriffen.

Die Vorherrschaft von Unterhaltung und einer auf Sensationen fokussierten Berichterstattung würde sogar ein Abrücken vom ursprünglichen Auftrag der Medien bedeuten. Dieser fordert eine Unterrichtung der Öffentlichkeit unter Achtung der Wahrheit und Wahrung der Menschenwürde und „Nachrichten und Informationen in Wort und Bild [...] mit der nach den Umständen gebotenen Sorgfalt auf ihren Wahrheitsgehalt zu prüfen“ – wie es in der Selbstverpflichtung der Medien im Pressekodex heißt (Deutscher Presserat 2006). Die Tendenz zum Abrücken von einer primär auf Informationsvermittlung zielenden Berichterstattung wird bereits in einem etwas älteren, aber weiterhin wichtigen journalistischen Lehrbuch gesehen: „Fast so häufig wie auf die »Lust zu Fabulie-

ren« [...] stoße ich auf die Vorliebe fürs Kommentieren“ oder an anderer Stelle mit Einbezug der Interessen der Leserschaft: „Auch wer die Aufgabe des Journalisten nicht vornehmlich in der Verbreitung von Klatsch, sondern in *Orientierung und Information* sieht, muß sich ständig fragen, ob das, was er für wichtig und berichtenswert hält, auch von seinem Publikum als wichtig anerkannt wird“ (VON LA ROCHE 1975: 18+70, Hervorhebung im Original). Bedingt durch die Eigendynamik der Konkurrenz innerhalb des Mediensystems wird auch in einem aktuelleren *Leitfaden für die Redaktionsarbeit* gesehen, dass „je härter der Wettbewerb ist, desto wichtiger wird für Presse und Rundfunk, ihre Stärken und ihre medienspezifischen Angebotsweisen zu optimieren“ (MAST 1998: 111). Es wird in diesem Leitfaden im Folgenden betont, dass die ökonomische Dimension auch in den Medien oftmals so stark in den Vordergrund gestellt werde, dass „Journalisten überwiegend in erfolgsorientierten Medienorganisationen arbeiten, die ihren »Erfolg« in Geld (Werbeeinnahmen) und/oder Zeit beziehungsweise Aufmerksamkeit (Auflagen, Einschaltquoten) messen“ (ebd.). Die Konsequenz daraus sei, dass „Organisationskompetenz Kenntnisse der Marktentwicklung und die Fähigkeit erfordert, übergeordnete Ziele der Organisation effizient umzusetzen und mitzugestalten, das heißt publizistische Interessen in ökonomische Entscheidungsprozesse einzubringen“ (ebd.). Insgesamt wird von den Medien die schwierige Aufgabe verlangt, dem Auftrag der Informationsvermittlung nachzukommen und dabei auch ökonomisch erfolgreich zu arbeiten, denn „journalistisches Handeln verursacht Kosten, publizistische Konzepte müssen sich am Markt verkaufen. [...] Vor diesem wirtschaftlichen Hintergrund ist ein optimales Arbeitsergebnis dann erzielt, wenn das journalistische Produkt effizient hergestellt wurde“ (MAST 1998: 172).

Der erwähnte Leitfaden stellt fest, das Ziel der Medien, möglichst viele Leser, Hörer und Zuschauer zu erreichen erfordere von modernen Medienbetrieben, dieses „Vorhaben einvernehmlich zwischen den wirtschaftlichen Trägern der Publikation und den Gestaltern des Inhalts zu realisieren“ (ebd.).

Die Rolle als Vermittler zwischen Wissenschaft und der Öffentlichkeit bringt den Medien auch positive Äußerungen von Wissenschaftlern ein, denn durch die Berichterstattung stehe die Klimaproblematik auf der „Agenda der Weltpolitik. Insofern haben die Medien etwas geschafft, was die Klimaforschung selbst nie hätte schaffen können, die kontinuierliche Medienberichterstattung ist daher aus Sicht der Klimaforschung insgesamt positiv zu beurteilen“ (LATIF 2007: 179).

Gelegentlich können die Medien durch die Wissensvermittlung an eine breitere Öffentlichkeit die Aufgaben unterstützen, die einige Wissenschaftler von sich selber fordern. So wird beispielsweise im Vorwort einer Publikation von Umweltwissenschaftlern das Ziel geäußert: „fachintern wie auch einer breiteren, an geographischer Forschung, Methodik und Lehre interessierten Öffentlichkeit Themenstellungen und Inhalte moderner wissenschaftlicher Geographie zu präsentieren“ (EHLERS & LESER 2002: 16).

### Umgang der Wissenschaft mit der Klimadebatte

Auch innerhalb der Wissenschaft finden sich selbstkritische Stimmen bezüglich des eigenen Verhaltens in der Diskussion, so beispielsweise:

„Wie also sollen wir Wissenschaftler antworten, wenn man uns nach der Ursache der Klimaerwärmung fragt? Dürfen wir antworten »Wir sind uns ihrer noch nicht sicher« – wie wir es sollten? Oder müssen wir trotz unseren Zweifeln eine Ursache nennen – wie man es von uns erwartet? Viele von uns wählen den zweiten Weg und übertönen mit ihren apokalyptischen Prophezeiungen manchmal die Stimme der Vernunft“ (SCHATZ, NZZ 23.07.2007).

Die hohe Komplexität des Klimasystems bringt Wissenschaftler zu vorsichtigen Formulierungen besonders hinsichtlich der Ursachen und der Zusammenhänge innerhalb des Erdsystems:

„Doch trotz langjähriger Forschung stellt sich immer noch die Frage, wieviel wir wirklich vom Klima und seiner Veränderlichkeit wissen“ (PFLÜGER 2005: 1).

Und ebenso mit noch erweitertem Betrachtungshorizont auf die eigenen Erkenntnismöglichkeiten:

„Is it not complete hubris to even strive to analyse a system of such overwhelming complexity which, ultimately, also embraces our own material functioning and intellectual activity?“ (SCHELLNHUBER & WENZEL 1998: VII).

Wenn auch in Bezug auf eine genauere Quantifizierung der Ursachen noch großer Forschungsbedarf besteht, werde in der Wissenschaft jedoch hinsichtlich der Verursacher des Klimawandels ein Konsens gesehen: „Tatsache ist [...] dass der Mensch nicht nur in der Vergangenheit [...], sondern ebenso und mehr noch seit der Industriellen Revolution und in der unmittelbaren Gegenwart wie ein „sozialer Meteoriteneinschlag“ auf das globale Umweltgeschehen Einfluss nimmt“ (EHLERS 2004: 80).

Die Ergebnisse zahlreicher Studien werden als Beweise angesehen, „dass Natur *und* Mensch Verursacher des heutigen Klima- und Umweltwandels sind“ (EHLERS 2005: 774).

Mit ebenso eindeutigen Aussagen heißt es von anderen Wissenschaftlern: „Die Frage, ob der Mensch das Klima verändert, ist schon längst von der internationalen Klimaforschung beantwortet. Es gibt heute praktisch niemanden mehr, der die Existenz des Klimawandels bestreiten würde. Der Klimawandel ist also in vollem Gange, und seine Anzeichen sind unverkennbar“ (LATIF 2007: Vor-satzblatt+135). Der Klimageograph SCHÖNWIESE äußert eindeutig: „**Spätestens seit dem Industriezeitalter nimmt auch der Mensch auf das Klima Einfluss** und zwar global und mit zunehmender Intensität“ (SCHÖNWIESE 2007: 531, Hervorhebung im Original).

### **Wissenschaft und öffentliches Interesse**

Als Zeichen des öffentlichen Interesses an der Klimadebatte ist sicherlich anzusehen, dass der Begriff *Klimakatastrophe* von der Gesellschaft für deutsche Sprache (GfdS) zum Wort des Jahres 2007 gewählt wurde.<sup>1</sup>

Dieser Begriff wird jedoch auch genau gegenteilig gesehen: Das Beispiel des „Unwortes von der Klimakatastrophe“ (SCHÖNWIESE 2007: 532) zeige die immer wieder aus Gründen der Aufmerksamkeitsgewinnung vorgenommenen Übertreibungen und Zuspitzung zu Extrempositionen in den Medien an. Diese Äußerungen treffen auf die Grundstruktur in vielen Bereichen der Medien zu, wie auch der bereits zitierte *Leitfaden für die Redaktionsarbeit* aufzeigt, denn aufgrund des wettbewerbsorientierten Mediensystems müssen „immer mehr Medienangebote um ein knappes Gut ringen: das Geldbudget und die Zeit des Publikums. Medien finanzieren sich letztlich durch die Aufmerksamkeit des Publikums“ (MAST 1998: 15).

Die Aufmerksamkeitsgewinnung habe auch negative Folgen für die Glaubwürdigkeit der Wissenschaftler. So wird die häufige Verwendung des Begriffes „Klimakatastrophe“ in den Medien als ein Grund dafür angesehen, dass „die Vorhersagen der Klimaforscher als falsch beschrieben werden, da offensichtlich die Katastrophe bisher ausgeblieben ist“ (LATIF 2007: 181).

Es soll an dieser Stelle nur kurz darauf hingewiesen werden, dass die Medien durch die Fokussierung einzelner Themen auch wiederum einen Einfluss auf die Wissenschaft ausüben. So wird beispielsweise die Themenwahl in einer geographischen Publikation von den Herausgebern E. EHLERS und H. LESER unter anderem damit begründet, dass diese teilweise von Schlagwörtern beeinflusst wurde, die in den Medien vorkommen. Natürlich ist die Themenwahl neben diesen Schlagworten wie „Klimakatastrophe“ und „Globalisierung“ durch die Relevanz für gesellschaftliche Themen bestimmt und daher repräsentieren diese Themen „zeitnahe geographische Fragestellungen in der heutigen Lebenswelt, welche die Fachwissenschaft aufgreift“ (EHLERS & LESER 2002: 169).

---

<sup>1</sup> Das Leitbild der Jury: „Ausgewählt wurden wie in der Vergangenheit Wörter und Ausdrücke, die die öffentliche Diskussion des Jahres besonders bestimmt haben, die für wichtige Themen stehen oder sonst als charakteristisch erscheinen (es sind »verbale Leitfossilien« eines Jahres). Es geht nicht um Worthäufigkeiten. Auch ist mit der Auswahl keine Wertung bzw. Empfehlung verbunden.“ Die Auswahl des Wortes *Klimakatastrophe* wird so begründet: „Dieser Ausdruck kennzeichnet prägnant die bedrohliche Entwicklung, die der Klimawandel nimmt.“ (<http://www.gfds.de/>, zuletzt abgerufen am 30.01.2008)

Als prominentes Beispiel für die versuchte Einflussnahme auf die Diskussion wird das Buch *Welt in Angst* des amerikanischen Bestsellerautors MICHAEL CRICHTON angeführt. Mit Hilfe stark vereinfachender Darstellungen und teilweise obskuren Vergleichen werden die Ergebnisse der Forschungen zum globalen Klimawandel wiedergegeben bzw. verzerrt. Klimaforschern wird in dem Roman vorgeworfen, „sich das Klimaproblem im Wesentlichen ausgedacht zu haben und eine heillose Allianz mit den Medien einzugehen.“ Dabei sei CRICHTON nur „auf die gängigen Skeptikerargumente hereingefallen“ (LATIF 2007: 185). Dieses Buch findet in einigen wissenschaftlichen Publikationen Beachtung, so auch in einem Geographie-Lehrbuch: „Der Roman von CRICHTON, in dem Klimaforscher in die Nähe von kriminellen Vereinigungen gerückt werden, stellt ein auf die Spitze getriebenes Beispiel von Kritik an den Befunden der Klimaforschung zu Global Change dar“ (GEBHARDT 2007: 983).

Ein weiteres Beispiel für die Darstellung der Problematik ist der mit einem Oscar ausgezeichnete Film von AL GORE *Eine unbequeme Wahrheit*. In diesem werden unter anderem die Folgen der Erderwärmung mittels Bildvergleichen von Gletschern gezeigt. Auf das zum Film gehörige Buch wird in Kapitel 4.1.2 kurz eingegangen.

Dieser Film hat ein Medienecho hervorgerufen, welches der Klimaforschung sicherlich einen zusätzlichen Auftrieb gegeben hat.

#### **Exkurs: Ein Film zum globalen Klimawandel in der Kritik von Wissenschaftlern**

Diesem positiven Beispiel soll das eines Filmes gegenübergestellt werden, auf den in ausgeprägter Form zutrifft: „Die Klimakatastrophe kommt – diesen Eindruck erwecken die Medien gerne [...]. Naturkatastrophen werden als Folge menschlicher Einflüsse auf die Atmosphäre [...] herausgestellt. Kino-Filme malen ein düsteres Bild von apokalyptischen Klimaveränderungen“ (PFLÜGER 2005: 1). Der Film von ROLAND EMMERICH „*The Day after Tomorrow*“ stellt mit dramatischen Szenen das Versiegen des Golfstromes aufgrund von Klimaveränderungen dar.

Die Kommentierungen von Wissenschaftlern zu diesem Film werden im Folgenden genauer betrachtet, da die globale ozeanische Zirkulation in der Klimadebatte einen hohen Stellenwert hat und der Nordatlantik-Strom im Zusammenhang der auf die Arktis einflussreichen großräumigen Naturprozesse genauer dargestellt wird (Kap. 5).

Es soll aufgezeigt werden, wie in diesem Film ein wissenschaftliches Thema aufgegriffen und nach den eigenen Intentionen umgesetzt wird. So wird diese Darstellung als ein Beispiel für den Umgang mit komplexen Themen und wissenschaftlichen Theorien in den Medien angesehen. Die verschiedenen Anforderungen und Ausnutzung von Aufmerksamkeitsgewinnung kann grundsätzlich auch auf den Umgang mit Bildvergleichen übertragen werden. Natürlich kann anhand dieses Einzelbei-

sportes nicht die Allgemeinheit der Medien betrachtet und pauschal beurteilt werden, doch dienen die Kommentare der Wissenschaftler als eine fundierte Kritik an dieser medialen Darstellung.

Laut dem IPCC 2007 ist es wissenschaftlicher Konsens, dass „Änderungen der meridionalen Umwälzbewegung im Atlantik (oft vereinfacht aber unzutreffend als "Golfstrom" bezeichnet) aus den vorliegenden Daten nicht abgeleitet werden können“ (IPCC 2007b: 1).

Die Auswirkungen werden zusammengefasst von Wissenschaftlern folgendermaßen beschrieben: „Obwohl eine [...] Abschwächung isoliert betrachtet zu einer Abkühlung Europas führen würde, ist die gleichzeitig stattfindende globale Erwärmung aller Voraussicht nach stärker, so dass auch im Einflussbereich des Nordatlantikstroms mit steigenden Temperaturen zu rechnen ist“ (NOTZ 2007: 29). Insgesamt sei es „sehr unwahrscheinlich, dass es zu einem abrupten Zusammenbruch im 21. Jahrhundert kommt“ (IPCC 2007b: 1).

Im Film werden zu dieser wissenschaftlichen Einschätzung geradezu diametrale Szenarien entworfen: In dramatischen Szenen werden die Folgen eines Versiegens des Golfstromes auf die amerikanische Bevölkerung dargestellt. Abrupte Temperaturstürze in Europa lösen ein Einsetzen einer Eiszeit im Zeitraffer von wenigen Tagen bzw. Stunden aus, nachdem der Golfstrom geradezu wie eine mechanische Pumpe stehen blieb.

In den positiven Kommentaren zum Film wird betont, dass die Gefahr abrupter Änderungen der Meeresströme spätestens seit diesem Film und anderen Berichten in das öffentliche Bewusstsein vorgedrungen sei (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2006) und „zu recht auf die Rolle des Golfstroms als ein großräumig klimatisch steuerndes Element [hingewiesen wurde]“ (BLÜMEL 2004: 64).

Die Realitätsferne des Filmes, der „cineastisch übersteigert“ (GLASER & GEBHARDT 2007: 962) sei, wird an mehreren Stellen als negativ angesehen. So sei das „Szenario um einen möglichen Stillstand des Golfstroms und die konsequent-spontane Bestrafung von Klimasündern durch ein Schockgefornis [...] wenig realistisch“ (BLÜMEL 2004: 65). Ähnlich kommentieren Wissenschaftler vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK): „Aus wissenschaftlicher Sicht deutet nichts auf eine kurz bevorstehende drastische Strömungsänderung hin, ein solches Szenario muss als sehr unwahrscheinlich gelten“ (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2006: 67). Jedoch könne als generelle Gefahr „das Abreißen des Nordatlantikstroms [...] als eine Art »Unfall« im Klimasystem aufgefasst werden – ein schwer vorherzusagendes Ereignis mit schwerwiegenden negativen Folgen“ (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2006: 69).

Doch gerade im Hinblick auf den Umgang des Filmes mit diesem komplexen Thema finden sich stark ablehnende Statements, so beispielsweise: „Obwohl es in der Wissenschaft Konsens ist, dass es zu keiner neuen Eiszeit als Folge der Erderwärmung kommen kann, wird dieses schlicht falsche Szenarium in dem Film und in vielen anderen Medien beschrieben“ (LATIF 2007: 180).



### **Zwischenfazit**

So können mit Hilfe dieses Filmes und der Kritik der Wissenschaftler zu ihm beispielhaft die Unterschiede im Anspruch, den Anforderungen damit verbundener unterschiedlicher Darstellungsformen von Wissenschaft und Medien betrachtet werden. An ihm sind die Möglichkeiten und Schwächen der medialen Darstellung von drohenden Naturkatastrophen gut zu erkennen. Die Aufmerksamkeit des Zuschauers soll mit dem „Stilmittel der Übertreibung“ (LATIF 2007: 180) gewonnen werden.

Dieser Film macht zwar auf mögliche Gefahren durch großräumige Veränderungen aufmerksam und es werden immer wieder Szenen gezeigt, die einen Bezug zu wissenschaftlichen Theorien suggerieren. Der Meinung des Verfassers nach zeigt der Film jedoch sehr deutlich, dass nicht die Aufklärung durch wissenschaftlich fundierte Szenarien im Vordergrund steht, sondern eine medienwirksame Darstellung einer Katastrophe mit dramatischen Bildern, um hohe Aufmerksamkeit und Zuschauerzahlen zu erreichen.

Die im Film verwendete Anlehnung an wissenschaftliche Szenarien ermöglicht prinzipiell einen wesentlich freieren Umgang mit den „Vorbildern“ da diese selber schon größere Unsicherheiten beinhalten. Die Gefahr, vornehmlich zur Aufmerksamkeitsgewinnung möglichst dramatische Bilder zu präsentieren und damit Aussagen zu treffen, die wissenschaftlich nicht haltbar sind, gilt grundsätzlich ebenso für die Verwendung von Bildvergleichen.

Ein Beispiel für die Möglichkeit der verzerrenden Darstellung mittels Vergleichen eines Gletschers sieht der Verfasser in einem Bildvergleich, der als Beispiel eines Bildvergleiches in den Medien wiedergegeben wird (Kap. 4.1.2).

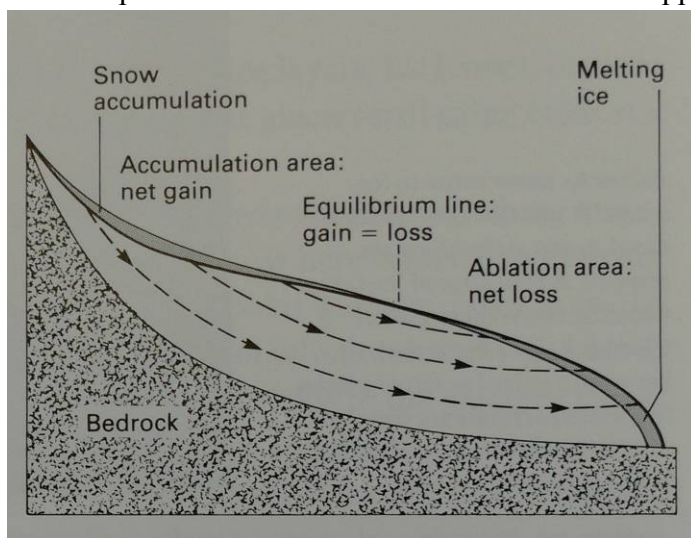
Insgesamt zeigt sich bei genauerer Betrachtung die große Differenz der Perspektiven von Wissenschaft und Medien sehr deutlich. Die verschiedenen Anforderungen und Ausrichtungen der Grundstrukturen auf langfristige Bearbeitung der Themen in der Wissenschaft oder einer für die Medien charakteristischen schnellen „Verarbeitung“ spielen dabei eine entscheidende Rolle. Ebenso die Ausrichtung und teilweise durch das Mediensystem bedingte Notwendigkeit zur Aufmerksamkeitsgewinnung durch eine möglichst effektvolle Darstellung. Bei der kritischen Betrachtung derselben Themen oder Methoden in Wissenschaft und Medien müssen daher diese grundsätzlichen Unterschiede mitberücksichtigt werden.

## 3.2 Gletscher als Klimaindikatoren

### 3.2.1 Abhängigkeit der Gletscher von klimatischen Bedingungen

Sehr bildreich beschreibt ein Lehrbuch der Glaziologie die Einzigartigkeit von Gletschern:

„Glaciers are among the most beautiful and fascinating elements of nature. Slowly they creep and slide from mountain regions to the lowlands, and over millions of years they have been shaping the landscape [...] and have created one of the finest landscapes on earth. [...] The glaciologists [...] have lived for months at a time on glaciers and have seen them in all their moods. [...] Glaciers are not static: they are born and subsequently respond to increases and decreases in their supply of snow” (ALEAN & HAMBREY 1994: 9).



Als für die Entstehung notwendigen Bedingungen werden genannt, dass es zur Gletscherbildung kommen kann, wenn die Akkumulation von Schnee die Ablation über eine längere Zeitspanne übersteigt. Besonders wichtig für die Eigenschaft als Klimaindikator ist, dass die dazu notwendigen Voraussetzungen abhängig sind von den generellen regionalen Gegebenheiten, aber auch beeinflusst werden durch die lokale Topographie. Daher wird die Gletscherausdehnung nicht allein von den

Abb. 6: Fließsystem des Gletschers (Alean & Hambrey 1994: 9)

klimatischen Bedingungen bestimmt, sondern ebenso beeinflusst das Gletscherbett die Form und Geometrie (KASER 2006).

Auch wenn die Topographie einen großen Einfluss hat und in den Einzelfällen genauer betrachtet werden muss, so führt die Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen dazu, dass Gletscher als sehr gute Indikatoren für den globalen Klimawandel angesehen werden. Sie eignen sich als ein Frühwarnsystem, denn sowohl der Schnee als auch das Eis der Hochgebirge reagieren sensibel auf Änderungen des Klimas (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2007). Im Rahmen der Klimabeobachtung dient der Rückzug der Gletscher als ein gut erkennbares und leicht verständliches Signal der steigenden Temperatur der Atmosphäre (HAEBERLI & MAISCH 2007). So gelten Gletscher als „Schlüsselindikatoren der globalen Klimaänderung, sozusagen als eine Art „globales Fieberthermometer“ (HAEBERLI et. al. 2001: 213). Durch ihre Reaktionen auf Veränderungen von Temperatur und Niederschlag werden sie an anderer Stelle auch als „sensitive barometers of climate change“ (BENN &

EVANS 1998: 4) angesehen. Es wird betont, dass Gletscher sichere Zeugen sind, „die mit ihrem Verhalten (Vorstoss oder Rückgang) langfristige Tendenzen der Klimaentwicklung auffällig und nachvollziehbar widerspiegeln“ (HAEBERLI & MAISCH 2007: 100).

Die Abhängigkeit der Gletscher von den klimatischen Bedingungen dient als Indikator für Veränderungen vornehmlich der Parameter Temperatur und Niederschlag. Besonders die starke Reaktion vieler Gletscher auf Änderungen der Temperatur auch schon bei einer relativ geringen Erwärmung deutet darauf hin, dass bei einer globalen Erwärmung um mehrere Grad „die meisten Gebirgsgletscher der Welt verschwinden werden“ (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2007: 57).

Genaue Beobachtungen veränderlicher Gletscherstände werden in den Alpen schon seit Jahrhunderten durchgeführt, zahlreiche Daten über eine große Anzahl der alpinen Gletscher liefert z.B. der „World Glacier Monitoring Service“ (<http://www.geo.unizh.ch/wgms/dataexp.html>) und das Schweizerische Gletschermessnetz (<http://glaciology.ethz.ch/messnetz/index.html>).

So werden die Veränderungen an einem Gletscher im Wallis, dem *Chessjengletscher*, der mit seiner Länge von 0,9km (1973) und einer NE-Exposition einem in dieser Arbeit genauer untersuchten Zungengletscher in Nordostgrönland (Kap. 6.1.1) ähnlich ist, genau aufgezeigt: er hat sich von 1928 bis 2006 um 329m zurückgezogen (<http://glaziology.ethz.ch/swiss-glaciers/>).

Doch neben den Möglichkeiten von Gletschern, als Indikatoren die regionalen Veränderungen anzeigen zu können – die in den meisten Fällen mit globalen Prozessen gekoppelt sind – beeinflussen die Gletscher und Eiskappen auch selber über großräumige Wechselwirkungen den Strahlungshaushalt der Erde. So ist auf großer Maßstabsebene eine Abhängigkeit des Klimas von den Eisschilden gegeben. Denn „die Eisschilde, wie z.B. die Antarktis und Grönland, sind über die Strahlungsbilanz, den Luftmassenaustausch und die Meeresströmungen mit dem globalen Klima komplex rückgekoppelt und beeinflussen dieses aktiv“ (HAEBERLI et. al. 2001: 213). Auf mögliche Veränderungen der Meeresströmungen wird in Kapitel 5 hingewiesen.

Als ein – der Meinung des Verfassers nach – sehr gelungenes Beispiel für die Beschreibung der verschiedenen Einflussfaktoren und somit der Komplexität von Veränderungen in dem dynamischen Erdsystem und auch als Hinleitung zu Untersuchungen von Gletschern und zur Fokussierung auf die Arktis (wenn hier auch nur auf Bereiche der Subarktis eingegangen wird), soll ein längeres Zitat der Forscher vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) angeführt werden:

„Da Gletscher sensibel auf Klimaveränderungen reagieren, sind sie eine Art Frühwarnsystem – der amerikanische Gletscherexperte Lonnie Thompson nennt sie die «Kanarienvögel im Bergwerk» des Klimasystems. Die Massenbilanz von Gletschern hängt dabei nicht nur von der Temperatur, sondern auch von den Niederschlägen und der Sonneneinstrahlung ab – dennoch gilt in der Regel, dass in einem wärmeren Klima die Gletscher kleiner sind. Nur in speziellen Ausnahmefällen sind Veränderungen in Niederschlag und Bewölkung so stark, dass sich Gletscher trotz einer Erwärmung ausdehnen – dies kommt in Gebieten mit besonders großen und variablen Niederschlagsmengen vor, insbesondere bei den maritimen Gletschern Norwegens oder den Gletschern an der Westküste der Südinsel Neuseelands. Beide Regionen haben in den letzten Jahrzehnten Phasen mit Gletschervorstößen erlebt; über das 20. Jahrhundert insgesamt sind aber selbst dort die Gletscher deutlich zurückgegangen“ (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2007: 56f).

### Gebirgsgletscher in der Arktis

Aufgrund ihrer geringeren Größe reagieren Gebirgsgletscher besonders sensibel auf Veränderungen der klimatischen Bedingungen. Besonders kleinere Gebirgsgletscher stellen durch die Nähe zum Gefrier-/Schmelzpunkt einen sensiblen und repräsentativen Indikator der Energiebilanz der Erde dar (HAEBERLI et. al. 2001: 213), wodurch eben diese Gletscher besonders gut mit ihrem Vorstoß oder Rückgang die langfristigen Entwicklungen vornehmlich der klimarelevanten Parameter Temperatur und Niederschlag eines Landschaftsraumes aufzeigen können. Dass es sich bei den Veränderungen um sehr unterschiedliche Reaktionsmuster und –zeiten handelt, ist durch die heterogenen Formen der Gletscher sowie die Unterschiede der sie umgebenden klimatischen und morphologischen Gegebenheiten bedingt. So reagieren zwar grundsätzlich „kleine, kaum fließende Gletscherflecken ohne ausgeprägte Zunge [...] praktisch unverzögert auf jährliche Änderungen der Masse, indem sie an ihrem unteren Rand abschmelzen oder in guten Jahren Schnee anlagern“ (HAEBERLI et. al. 2001: 214), jedoch ist für das grundsätzliche Reaktionsmuster neben der Größe auch die Abhängigkeit von Temperatur und Niederschlag folgendermaßen zu beachten: „Auf Gletschern mit Schmelztemperatur in niederschlagsreichen Gebirgsregionen wirken sich Temperaturänderungen stark aus. Kalte Gletscher in trockenen Gebieten dagegen müssen zuerst aufgewärmt werden, bevor sie Schmelzwasser liefern – ihre Verluste sind bei steigenden Temperaturen vorerst kleiner“ (HAEBERLI & MAISCH 2007: 101).

Grundsätzlich gilt für die Gletscher des Untersuchungsraumes in Nordostgrönland, dass hochpolare Inlandeiskörper zu großen Teilen „kalte Gletscher“ sind. Es kommt auch im Polarsommer zu keinem subglazialen Schmelzwasserabfluss. Die geomorphologische Formungswirkung ist wesentlich geringer als die der so genannten *wet-based glaciers*. Doch auch hier ist zu erwarten, dass einzelne Tal- und Kargletscher „eine sommerlich starke (Abfluss-) Dynamik und die den außerpolaren Gebirgsvergletscherungen vergleichbaren Erosions- und Akkumulationsformen [zeigen]“ (BLÜMEL 2007: 340f).

Als Beispiele für die unterschiedlichen Reaktionen der verschiedenen Gletschertypen und ihrer Abhängigkeit von den verschiedenen raumprägenden Faktoren werden im Folgenden die in Norwegen genauer untersuchten Reaktionsmuster wiedergegeben, deren grundsätzliches Verhalten auch auf die verschiedenen Gletschertypen in Grönland übertragen wird. Doch besonders als Hinweis auf die Komplexität der Reaktionsmechanismen von Gletschern und als genaueren Beleg für das bereits in Kapitel 3.2.1 mit dem Zitat von RAHMSTORF & SCHELLNHUBER erwähnte Anwachsen der Gletscher in einigen Gebieten der Welt werden die Ergebnisse der skandinavischen Gletscherforschungen hier wiedergegeben:

„Die norwegischen Gletscher zeigen gegenwärtig eine regional recht differenzierte Dynamik: Die im ozeanischen Klimamiliieu gelegenen Gletscher West- und Nordnorwegens weisen eine positive Massenbilanz und ein Vorrücken der Gletscherfronten auf. [...] Die im kontinentaleren Klimamiliieu gelegenen Gletscher, die weniger Winterniederschläge erhalten, allerdings in strahlungsreicheren und wärmeren Sommern höhere Abschmelzraten aufweisen, zeigen hingegen einen aktuellen Gletscherrückgang“ (GLÄBER et al. 2003:72).

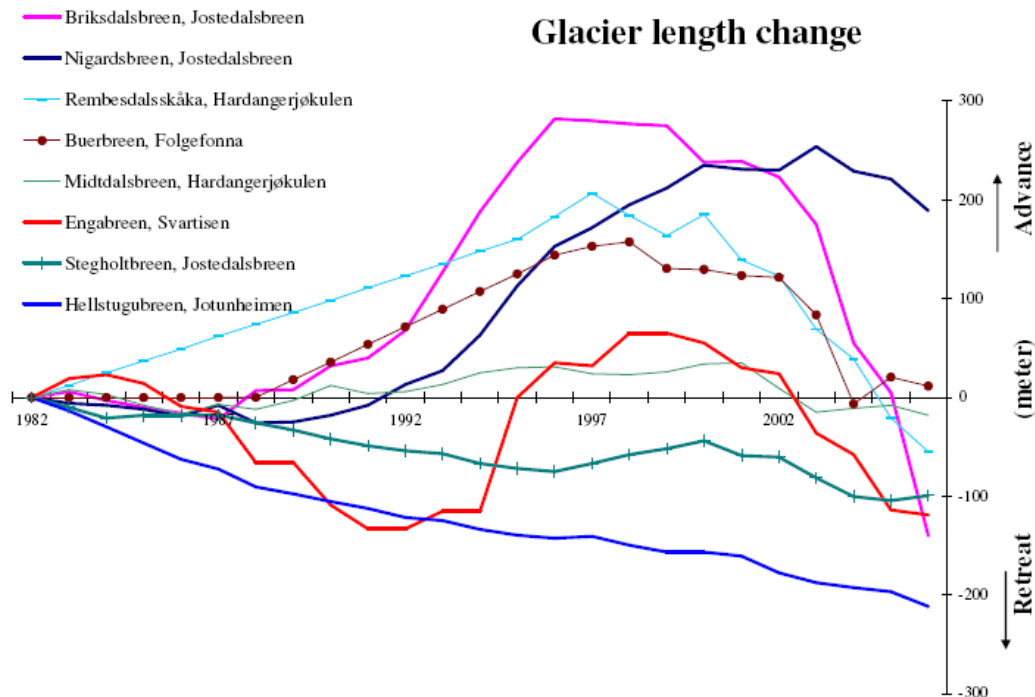


Abb. 7: Längenänderungen norwegischer Gletscher. Quelle: [www.nve.no](http://www.nve.no)

Die von HAEBERLI et. al. (2001) genannten unterschiedlichen Reaktionszeiten verschiedener Gletschertypen sind hier anhand der Graphen zu erkennen und zeigen die große Variationsbreite von Reaktionsmustern an, die grundsätzlich auch auf die grönländischen Gletscher bezogen werden kann. Die Reaktionszeiten werden folgendermaßen grob quantifiziert: bei großen Auslassgletschern bewirken Massenbilanz- und Klimaänderungen teilweise erst nach 35 Jahren erkennbare Folgen, während kleinere Gletscher „bereits nach zwei bis drei Jahren mit Gletscherstandsschwankungen reagieren“ (GLÄBER et al. 2003: 72).

Innerhalb Grönlands muss zwischen dem Gletscher des Inlandeises mit einer Fläche von ca. 1.736.000 Quadratkilometern und einem Eisvolumen von 2.600.000 Kubikkilometern und den verschiedenen Gletschern, die nicht direkt mit diesem verbunden sind (Fläche von ca. 48.600 km<sup>2</sup>, Volumen von rund 20.000 km<sup>3</sup>) grundsätzlich unterschieden werden (GLÄBER et al. 2003).

## Das grönländische Inlandeis

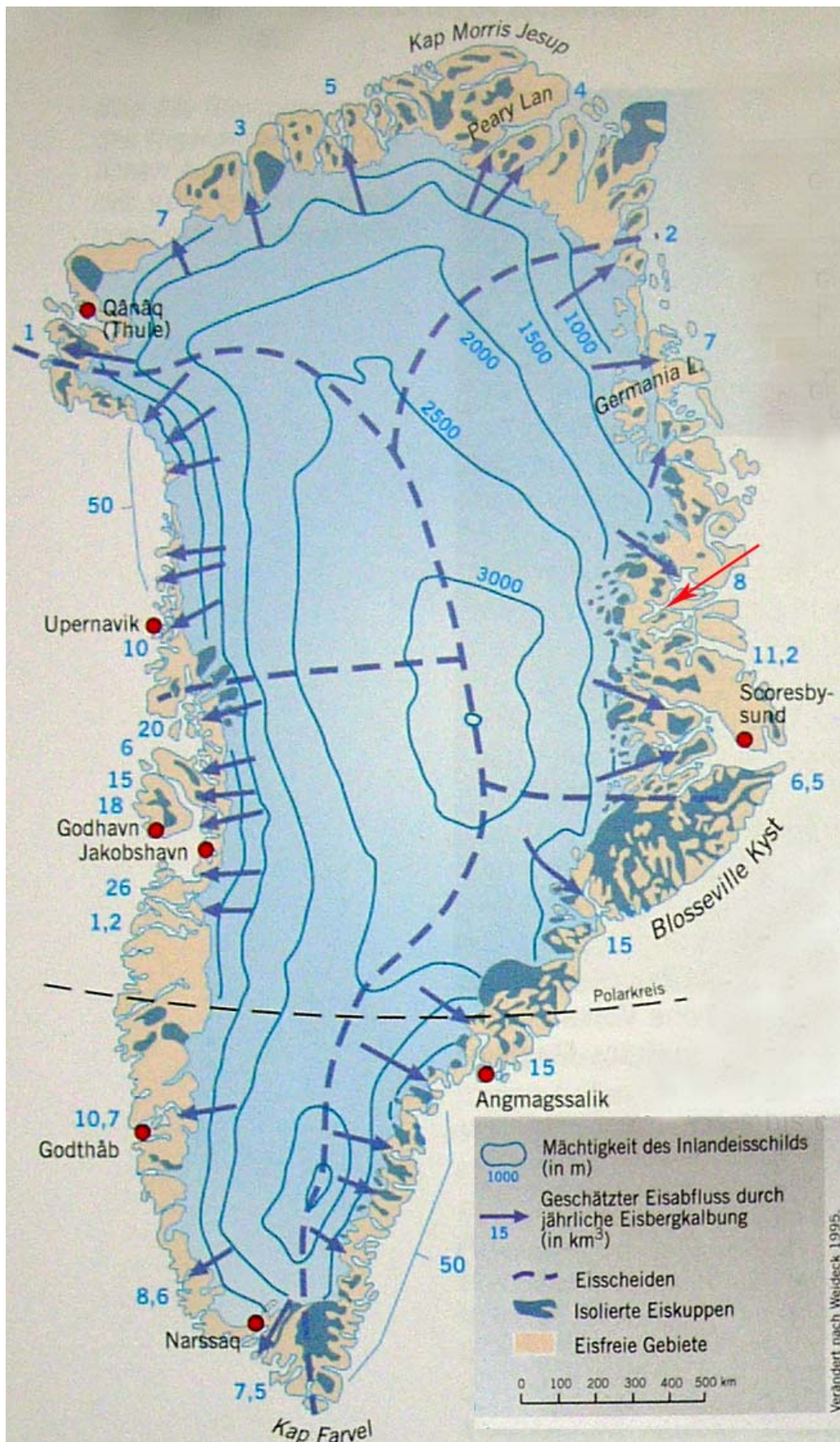


Abb. 8: Glaziologische Verhältnisse in Grönland. Verändert nach GLÄBER et al. 2003:74

Auch wenn der Fokus dieser Untersuchung auf Gebirgsgletscher gerichtet ist, wird im Folgenden kurz auf das im Zusammenhang mit den Problemen durch den globalen Klimawandel oftmals erwähnte grönländische Inlandeis und seine Auslassgletscher eingegangen.

Die Abbildung zeigt die Fließrichtungen des Inlandeises an sowie die Lage der isolierten Eiskuppen, die besonders an der Ostküste zu finden sind. Der Untersuchungsraum der in Kapitel 5.3 wiedergegebenen Bildvergleiche ist mit dem roten Pfeil in Nordostgrönland markiert. Fließgeschwindigkeiten und Eistransportmengen werden folgendermaßen quantifiziert: „Der diesbezüglich mit Abstand beachtlichste Gletscher ist der Jakobshavn Isbrae im zentralen Westgrönland, der an der Eisfront Bewegungen von 5 bis 7 km/Jahr und eine Produktion von kalbendem Eis von 26 bis 44 km<sup>3</sup>/Jahr aufweist! Bei anderen Auslassgletschern dieser Region liegen die Geschwindigkeiten zwischen 0,3 und 4,9 km/Jahr, im besonders kalten Nordgrönland zwischen 100 bis 900 m/Jahr. Das eigentliche Inlandeis fließt natürlich sehr viel langsamer“.

Das grönländische Inlandeis von „großer globaler klimatologischer und hydrologischer Bedeutung“ (GLÄBER et al.2003: 74).

Eine dieser hydrologischen Bedeutungen ist der Beitrag zum Anstieg des Meeresspiegelaufstieges, denn „weltweit schrumpfen die Gletscher und tragen gegenwärtig mit 0.8 mm pro Jahr zum Meeresspiegelaufstieg bei“ (IPCC 2007b: 1, Übersetzung des AWI).

Denn die regionalen Veränderungen beispielsweise von Gletschern hat Auswirkungen auf globalem Maßstab und soll hier auf die komplexe Verknüpfung innerhalb des Erdsystems hingewiesen werden. Denn besonders durch den Anstieg des Meeresspiegels gilt: „was immer in einem Teil der Erde passiert, hat Auswirkungen auf andere Teile“ (EHLERS 1998b: 273). Der Anstieg des Meeresspiegels ist eine Bedrohung für Hunderte von Millionen Menschen und daher dürfe nicht der Fehler gemacht werden, „den klimabedingten Anstieg des Meeresspiegels ausschließlich als ozeanographisch-geomorphologisches Problem zu sehen“ (EHLERS & LESER 2002: 170)

Die möglichen Prozesse werden von Wissenschaftlern folgendermaßen beschrieben:

„Für eine Abschätzung des zukünftigen Meeresspiegelaufstiegs ist die Entwicklung der beiden größten Eismassen der Erde daher von zentraler Bedeutung. Diese lässt sich allerdings bisher aufgrund hoch komplexer Wechselwirkungen nur äußerst ungenau abschätzen: Auf Grönland fließt im Sommer Schmelzwasser durch Spalten und Risse unter das Eis und führt zu einer Aufweichung des Bodens, auf dem der Eisschild ruht. Dieses Aufweichen führt dazu, dass sich die grönländischen Gletscher in Zukunft möglicherweise schneller als bisher vom Landesinnern aus in Richtung Meer bewegen und dabei signifikant zu einem Anstieg des Meeresspiegels beitragen“ (NOTZ 2007: 28).



Zum ergänzenden Vergleich die Darstellung derselben Problematik in den Medien:

„Nach neuesten Veröffentlichungen schmilzt Grönlands Eis schneller als bisher angenommen. Wissenschaftler vom Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung haben berechnet, dass eine Erwärmung um nur drei Grad dazu führen würde, dass das ewige Eis in Grönland verschwindet. [...] Nicht nur die Grönländer werden ihre traditionelle Existenz verlieren, wenn das Eis der Insel weiterhin schmilzt. Auch Tausende Kilometer entfernt werden Menschen ihre Lebensgrundlage verlieren. Denn die Experten des Alfred-Wegener-Instituts befürchten, dass der Meeresspiegel um sieben Meter ansteigt, wenn das gesamte Inlandeis Grönlands schmilzt. Für viele Länder hätte dies katastrophale Folgen. Schon ein Anstieg um nur einen halben Meter würde zum Beispiel viele Inselstaaten im Pazifik verschwinden lassen und große Teile von Bangladesch überschwemmen“ (ZDF.de am 16.03.2006).

Anhand der Zitate lässt sich sehr deutlich die große Bedeutung der Arktis im globalen Erdsystem und die weitreichenden Wechselwirkungen aufzeigen. Die Polarregionen stellen demnach nicht nur eine Art Frühwarnsystem (ACIA/NOTZ u.a.) mit ihren deutlichen Reaktionen auf Veränderungen des globalen Klimasystems dar, sondern können ebenso rückwirkend globale Veränderungen beschleunigen, verstärken und verursachen.

Die zitierten Untersuchungen mittels Fernerkundungsdaten der Auslassgletscher stellt eine Möglichkeit dar, um die Frühwarnungen erkennen zu können. Doch ebenso können die Veränderungen durch das Auswerten von historischen Aufzeichnungen über das Vorkommen von Meereis im Ostgrönland-Strom und dessen Veränderlichkeit durch komplexe Wechselwirkungen mit den klimatischen Faktoren (PFLÜGER 2005) und auch das Dokumentieren von Gletscherveränderungen untersucht werden.

## 4 Bildvergleiche und Auswertung historischer Quellen als wissenschaftliche Methoden

### 4.1 Die Methodik des Bildvergleiches

Der Wissenschaftstheoretiker O. SCHWEMMER beschreibt die allgemeinen Aufgaben der Wissenschaft so: sie sollen helfen beim Beschreiben, Begreifen, Verstehen und Erklären (REUBER & GEBHARDT 2007). Mit dem Geographen J. DIAMOND kann noch angefügt werden, dass sich Wissenschaft zwar einer weit verbreiteten Meinung nach allein mit dem Wissen befasst, welches durch „wiederholbare, kontrollierte Laborexperimente gewonnen wurde“. Dies sei jedoch eine zu stark einschränkende und verfälschte Darstellung, da die Wissenschaft in Wirklichkeit „etwas viel Umfassenderes [ist]: der Erwerb zuverlässiger Erkenntnisse über die Welt“ (DIAMOND 2005: 32).

Speziell für geographische Untersuchungen gilt: „die Erscheinungen der Erdoberfläche und ihre Veränderungen sowie die Beschreibung und Erklärung derselben sind Teil eines traditionellen geographischen Selbstverständnisses und seiner Forschungstradition“ (EHLERS & LESER 2002: 13).

Zu diesen Aufgaben kann auch die Methodik des Bildvergleiches einen Beitrag leisten, denn sie ermöglicht es, eine gegenwärtige Dynamik anhand photographischer Wiederholungsaufnahmen aufzuzeigen (DITTMANN & NÜSSER 2002).

Bei der Wahl der Methode aus der für geographische Fragestellungen möglichen Methodenvielfalt muss zunächst reflektiert werden, was mit bestimmten Methoden erkennbar sein kann und welche Schlussfolgerungen dementsprechend aus den gewonnenen Daten erlaubt sind. Ebenso müssen die Gütekriterien und Standards der einzelnen Methoden bedacht werden, da „ohne eine Rückbindung des konkreten empirischen Arbeitens an die konzeptionellen Grundlagen Erhebungsfehler ebenso vorprogrammiert sind wie Fehlschlüsse in der nachfolgenden Auswertung der Daten“ (REUBER & GEBHARDT 2007: 84).

Zum methodischen Vorgehen schreiben ZÄNGL und HAMBERGER: „es klingt erstens einfach (Gletscher schmelzen weg, aber sie bewegen sich langsam) und zweitens nach Ferien, Urlaub, Wandern, Erholung und Sonne.“ (ZÄNGL & HAMBERGER 2004: 8) Doch die Standortsuche nach der Ansicht historischer Dokumente wurde „zum beschwerlichen Weg“ und war häufig „ein Lauf gegen die Zeit und nicht exakt planbar“ (ebd.). Wie erfolgreich die Suche der fünfjährigen Arbeit im Großraum der Alpen gewesen ist und welche guten Möglichkeiten zum Aufzeigen des Gletscherrückganges mit Wiederholungsaufnahmen gelingen können zeigt ihre Dokumentation *'Gletscher im Treibhaus'* eindrucksvoll. Die im Untertitel angestrebte *'fotographische Zeitreise in die alpine Eiswelt'* wird über Vergleiche historischer Gletscheraufnahmen von Forschern und Bergsteigern und auch über Postkartenmotive mit den entsprechenden heutigen Ansichten vorgenommen und führt dabei bis

weit in die Vergangenheit.

Für wissenschaftliche Untersuchungen werden Wiederholungsaufnahmen vornehmlich als qualitative Methode eingesetzt. Dies gilt zumindest dann, wenn sie – wie in der hier durchgeführten Untersuchung – ohne die Erhebung weiterer Parameter im Feld wie Niederschlag, Windaktivitäten, Strahlungshaushalt, Morphologie, etc. und ohne aufwändige Auswertung durch Messgeräte angewendet wird. In solchen Fällen bieten Bildvergleiche die Datenbasis für qualitative Untersuchungen durch die Auswertung mit Hilfe einer „vergleichenden visuellen Interpretation“ (DITTMANN & NÜSSER 2002: 67). Damit sollen sie Ergebnisse liefern, mit denen „eine nuancenreiche, ausführliche Auskunft möglich“ ist sowie die „Auswertung mit interpretativ-verstehenden Verfahren“ (REUBER & GEBHARDT 2007: 89) erfolgen kann. Gemäß diesen Merkmalen qualitativer Methoden ist dabei jedoch „keine Repräsentativität im statistischen Sinne zu erreichen, da nur wenige Einzelfälle intensiv erfasst werden“ (ebd.).

Wenn standardisierte Daten erhoben werden, diese mit normierten, mathematisch-statistischen Verfahren ausgewertet werden und eine Repräsentativität der Grundgesamtheit durch eine ausreichende Anzahl von Stichproben gegeben ist, können mit Hilfe von Bildvergleichen auch die für eine quantitative Auswertung notwendigen Daten erhoben werden. Für quantitative Untersuchungen notwendige Messverfahren sind beispielsweise der „Einsatz photogrammetrischer Auswerteverfahren [... und Bearbeitung an einem] analytischen Auswertegerät“ (WINIGER 1996: 66). Durch die damit vorgenommene Transformation in Geographische Informationssysteme liefern Bildvergleiche die erforderlichen quantitativen Daten und werden als „Grundlagen für statistische Analysen und kartographische Darstellungen der Landschaftsdynamik verfügbar“ (ebd.).

In der vorliegenden Untersuchung wird keine quantitative Aussage über die Veränderungen in der Region, in der die Daten aufgenommen wurden, getroffen.

Vielmehr werden mittels der Bildvergleiche unter Einbezug der historischen Expeditionsberichte qualitative Auswertungen der erkennbaren Landschaftsveränderungen vorgenommen. Demnach trifft auch hier wie für andere Untersuchungen mittels der Methode des Bildvergleiches zu, dass diese Auswertungen „ausschließlich auf qualitativer Ebene mit Methoden visueller Interpretation durchgeführt [werden]“ (NÜSSER 1998: 27).

Auch für die Wahl lediglich einer Kamera zur Aufnahme der Vergleichsbilder sowie eines GPS-Gerätes zur Ermittlung des Aufnahmestandortes soll gelten: „mit einfachen Hilfsmitteln lässt sich eine für viele Anwendungen ausreichende Genauigkeit erzielen“ (HERGET 2007: 97). So wird versucht, „auf der Basis von Erfahrungen und vor dem Hintergrund der Komplexität des Erkenntnisobjektes „Landschaft“, weniger auf der Grundlage von Experimenten, [...] „wertfreie“ Theorien und Gesetze abzuleiten, die wiederholbar [sind] und auch Vorhersagen ermöglichen“ (GLASER &

RADTKE 2007: 186). Es wird ein hermeneutischer Ansatz gewählt, der „wissenschaftlichen Erkenntniswert [...] nicht aus Messdaten und Laborergebnissen, sondern aus zum Beispiel Texten und Bildern [gewinnt]“ (ebd.). Somit lassen sich historische und rezente Bildquellen und Beschreibungen über Form und Vorkommen von Gletschern sowie Firn- und Schneefeldern insbesondere zur Untersuchung von vergletscherten Gebieten nutzen (ZUMBÜHL & HOLZHAUSER 1988; in GLASER & RADTKE 2007: 186). Darüber hinaus lassen sich mit ihnen Aussagen über zukünftige Änderungen in Gletschervolumen, -länge und -fließgeschwindigkeit treffen: “In particular changes in glacier length are **easy-to-follow** witnesses of past and ongoing climatic variations and their shifting trends.” (Maisch & Paul 2006: 432, eigene Hervorhebung). Die Änderungen der Gletscherausdehnungen ermöglichen wichtige qualitative und quantitative Informationen über die Veränderungen über einen großen Zeitraum hinweg (HAEBERLI 2006b).

Auf die Stärken von Bildvergleichen, zumindest als Basis für weitere Untersuchungen, aber auch als selbständige Untersuchungsmethode sowie zur Veranschaulichung von Landschaftsentwicklungen wird ausdrücklich hingewiesen. So kann „die standortgenaue Wiederholung ausgewählter Aufnahmen die Basis der Erfassung regionaler Landschaftsveränderungen [bilden]“ (WINIGER 1996: 66). Besonders in Fällen mit schlechter Datenlage aus einem weiter zurückreichenden Zeitraum gilt: „Veränderungen der Hochgebirgslandschaft sind infolge der sehr eingeschränkten und oft auch inhomogenen Datenlage nur bedingt nachvollziehbar“ (WINIGER 1996: 72). So lässt sich die rezente Dynamik ausgewählter Landschaftselemente oder -indikatoren mit Hilfe dieser vergleichsweise einfachen Verfahren schlüssig analysieren. Daher können Fotovergleiche, deren Verwertung in Geographischen Informationssystemen unter Einbezug von Fernerkundungsdaten die Datengrundlage für vergleichende Untersuchungen in Hochgebirgsräumen liefern (ebd.).

Gegenüber Fernerkundungsdaten ist vorteilhaft, dass höhere räumliche Auflösungen möglich sind und auch Daten aus einer Zeit zurückgegriffen werden kann, in der es noch keine Fernerkundung gab.

Von Nachteil für die Aussagekraft der Methode ist sicherlich, dass nur in wenigen Fällen genau verortete Datengrundlagen vorhanden sind, wodurch die Auswertbarkeit eingeschränkt wird. Von BAKER und MOSELEY (2007) werden Bildvergleiche in Kombination mit anderen Daten – wie beispielsweise Klimadaten – als eine erste Approximation von Auswirkungen der Umweltveränderungen gesehen. Die Abhängigkeit von weiteren Daten zur aussagekräftigeren Anwendung von Bildvergleichen ist ein Nachteil dieser Methode, da dies prinzipiell eine Abhängigkeit von weiteren Untersuchungen bedeutet.

Insgesamt zeigt sich jedoch, dass Bildvergleiche für eine Dokumentation und qualitative Interpretationen von Veränderungen gut genutzt werden können und somit die komplexe Landschaftsdyna-

mik aufzeigen zu können. Damit liefern Wiederholungsaufnahmen auch die Möglichkeiten, durch Information und Veranschaulichung den Entscheidungsprozess auf politischer Ebene mit zu beeinflussen (BAKER & MOSELEY 2007). Aber auch auf persönlicher Ebene ermöglichen die Bildvergleiche, die Folgen der Klimaänderung sichtbar zu machen und dabei auch die Schönheit und Fragilität der Gletscher aufzuzeigen (ZÄNGL & HAMBERGER 2004).

So kann zusammenfassend festgehalten werden, dass mit einfachen Mitteln wie „ausschließlich konventioneller Kameras“ (ebd.) durchführbare Methode des Bildvergleiches besonders für Untersuchung und Darstellung von Landschaftsdynamik gute Ergebnisse liefern kann. So kann durch Interpretation und Veranschaulichung das von wissenschaftstheoretischer Seite aus geforderten Aufzeigen, Beschreiben, Darstellen und Erklären geleistet werden.

#### 4.1.1 Bildvergleiche über vergletscherte Gebiete in geographischen Studien

Mit der Betrachtung von geographischen Studien sollen hier die Möglichkeiten und Probleme von Bildvergleichen beispielhaft aufgezeigt werden.

Einer Untersuchung im Himalaja ist eine Beurteilung von Bildvergleichen vorangestellt, die vom Verfasser ebenso auf andere Regionen übertragen wird. Die Wiederholungsaufnahmen historischer Photographien werden hier bezeichnet als „generell reproduzierbare Grundlagen für eine großmaßstäbige Ausweisung des Landschaftswandels, die im Zusammenhang mit der vielfach beklagten Unsicherheit hinsichtlich des Ausmaßes rezenter Veränderungen [...] von hohem Wert sind“ (NÜSSER 1998: 26). Die Vorteile sind auch hier, dass über einen großen Zeitraum von 60 Jahren weiträumig untersucht werden kann. In diesem Zusammenhang wird auch der Rückgang eines Gletschers grob quantifiziert: „Between 1934 and 1994 the position of the glacier tongue has moved around 50 m further up“ (ebd.).

Auf die breit angelegte Dokumentation '*Gletscher im Treibhaus*', die als Gletscherarchiv ausgebaut werden soll, wurde im vorangehenden Kapitel hingewiesen. Hier wird ein Bildpaar beispielhaft genauer betrachtet und auf weiterführende Möglichkeiten von Bildvergleichen mittels digitaler Bearbeitung zur Erstellung von „virtuellen Zukunfts-Szenarien“ hingewiesen (ZÄNGL & HAMBERGER 2004: 213).

Die Abbildung zeigt mit der Gletscherzunge der Pasterze einen Randbereich des größten



Abb. 9: Pasterrenzunge, Sturmkapelle, Großglockner, Kärnten 1930/2000 (ZÄNGL & HAM-

Gletschers Österreichs. Im Zungenbereich wird ein Eisrückgang von jährlich knapp 50m gemessen, der Einsinkbetrag von 6.60m übertrifft den Vorjahresbetrag um 27 Prozent. Für die Ausführung und auch visuelle Überprüfbarkeit bietet die Sturmkapelle eine sehr gute Vergleichsmöglichkeit für das Aufsuchen und die Übereinstimmung mit dem historischen Aufnahmeort. Dem Geographen G.K. LIEB nach wird auch mit Hilfe solcher Bildvergleiche „der Gletscherschwund [...] auch für den Laien erkennbar“ (ZÄNGL & HAMBERGER 2004: 40).

Einer Studie in Nordostgrönland ist das Vorgehen der Suche des Aufnahmeortes gut zu entnehmen. Da eine Region untersucht wird, die etwa 450km nördlich des Untersuchungsgebietes dieser Arbeit liegt wird die gesamte Beschreibung wiedergegeben:



*a and b. Views of Britannia Sø from Kap Bellevue taken in 1910 (a) and 1953 (b) showing the retreat of the glacier. The white line on the earlier photograph indicates approximately the area covered by the later photograph.*

Abb.10: Rückzug der Gletscherfront des Storstrømmen in Nordostgrönland zwischen 1908 und 1958. Die weiße Linie auf der historischen Aufnahme zeigt den Ausschnitt der späteren Aufnahme (LISTER 1958: 23)

*„Photography of the Makerere Expeditions [...] shows the snout in June 1958 [...]. Whittow et al. [...] give a snout retreat of 90 m for the period of 1906 to 1958. Based on the study of lichens they suggest a breakdown of about 32 m for the period 1906-30, and approximately 55 m during 1930-58” (HASTENRATH 1984: 107f).*

*„For the changes that have taken place in the last forty-odd years we can turn to history, and we find strong evidence of marked glacial recession. The most convincing evidence is provided by a photograph, taken by Wegener in 1908, of the tongue of a branch of Storstrømmen flowing into the eastern end of Britannia Sø. At Base we had a copy of the journal in which the picture was published, and on one fine day in April several of us set out to try to locate the spot from which Wegener had taken the photograph. We did not expect*

*to do more than find a place from which the rather indefinite middle and back-ground appeared to be in relatively the correct position, so we were delighted to find the very spot, exact to a yard or so, with the very*

*same boulders in the immediate foreground. Comparison of the two photographs show that the glacier has receded considerably, a matter of about half a mile in forty-five years” (LISTER 1958: 201).*

### 4.1.2 Beispiele aus den Medien

Im Rahmen der Betrachtung der Klimadebatte wurden die verschiedenen Perspektiven von Wissenschaft und Medien dargestellt. Hier sollen Beispiele verdeutlichen, wie Bildvergleiche in den Medien verwendet werden können.

Das prominenteste Beispiel ist der mit einem Oscar prämierte Film von Al Gore *Eine unbequeme Wahrheit*. In diesem Film werden weitestgehend die Aufnahmen aus dem Bildarchiv der *Gesellschaft für ökologische Forschung* verwendet, die für die oben erwähnte Dokumentation *Gletscher im Treibhaus* erstellt wurden. Die Bilder werden im Film und dem gleichnamigen Buch zur Verdeutlichung dafür eingesetzt, dass aufgrund der (laut Untertitel) *drohenden Klimakatastrophe* eine eindeutige Botschaft lautet: „Derzeit schrumpfen fast alle Gletscher auf der Erde, zum Teil sogar sehr schnell“ (GORE 2006: 48).

Eine weitere Verwendung desselben Bildarchivs ist in einer Informationsbroschüre von 2007 gefunden worden. Somit wirbt eine Fondsgesellschaft mit Bildmaterial von Greenpeace, da die Studie der Gesellschaft für ökologische Forschung in Kooperation und mit Unterstützung von Greenpeace entstanden ist. Ein deutliches Zeichen dafür, dass der Klimawandel die Wirtschaft erreicht hat.

Doch außer der Verwendung von Bildmaterial aus Archiven oder aus anderen Studien lässt sich auch die Erhebung eigener Vergleichsbilder in den Medien finden. So wird in einem Magazin der Süddeutschen Zeitung Ende 2007 ein „langer Abschied“ beschrieben: „1998 haben wir zwei Fotografen in die Alpen geschickt, um Bilder von Gletschern zu machen. Jetzt, nur neun Jahre später, haben wir das Ganze wiederholt. Die Veränderungen sind erschütternd.“ (Lux & Wache 2007, SZ).



Abb.11: Pasterzengletscher mit Großglockner, Kärnten, Österreich, um 1910 (oben) und 2000  
(Quelle: DWS Investments 2007: 3)  
© Greenpeace / Gesellschaft für ökologische Forschung / W. ZANGL (2004)



Abb.12: „Der Bossons-Gletscher oberhalb des gleichnamigen Dorfes im französischen Hochsavoyen ist deutlich schmaler geworden.“ (1998+2007)

(Lux & Wache 2007, SZ)

Das obige Beispiel zeigt der Meinung des Verfassers nach sehr deutlich, dass die Wiederholungsaufnahme zweifelsfrei deckungsgleich ist – welches bei der sicherlich vermerkten Position der ersten Aufnahme nicht verwundert – und daher für eine visuelle Interpretation gut genutzt werden kann. Die Bildunterschriften sind in dem SZ-Magazin in allen Bildpaaren ähnlich knapp gehalten wie das unter der Abbildung 12 wiedergegebene. Die genauere Bildinterpretation wird weitgehend dem Leser selbst überlassen.

Auch *The Economist* zeigt in einer Ausgabe vom September 2006 – die betitelt ist mit: *The heat is on - A special report on climate change* – die Folgen des globalen Klimawandels unter anderem mittels eines Bildvergleiches von Greenpeace (s.u.). Der auffällige Gletscherrückgang wirkt dramatisch. Doch bei näherer Betrachtung zeigt sich der Ansicht des Verfassers nach, dass hier eine Vergleichsmöglichkeit suggeriert wird, die aufgrund zu großer Unsicherheiten keinen Bestand hat. Denn die nur knapp über die Gletscheroberfläche herausragenden Bergspitzen des Hintergrundes lassen keine optische Überprüfung der Richtigkeit des Aufnahmestandortes zu. Eine so genaue Positionsangabe über die Koordinaten des historischen Aufnahmestandortes ist auszuschließen. Die Proportionen lassen sich schon durch eine Verlagerung des Aufnahmestandortes in Bezug zur Gletscherstirn komplett verschieben und dadurch bedingt kann ein stark abweichender Eindruck entstehen. So ist zumindest für den Leser eine Unterscheidung zwischen diesem optischen Effekt oder eines tatsächlichen Eisrückganges über eine visuelle Interpretation nicht möglich.

Es sind effektvolle Bilder, die jedoch einer genaueren Betrachtung nicht standhalten können und im *Economist* auch nicht in den für diese Bilder notwendigen Entstehungskontext gebracht werden.

So kann dieser Bildvergleich zwar die Aufmerksamkeit wecken, besitzt aber kaum Aussagekraft.

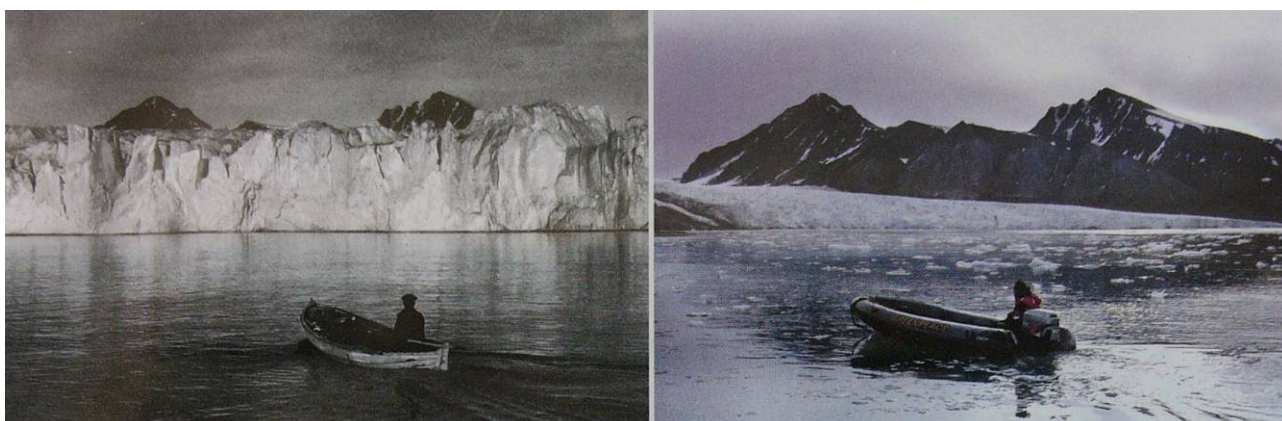


Abb.13: Now you see it, now you don't: Blomstrandbreen glacier [...] 1918 and 2002. *The Economist* 2006

Bei der Betrachtung von Bildvergleichen in den Medien muss demnach besonders auf die Quellen und den Kontext sowohl ihrer Entstehung als auch Verwendung geachtet werden. Bei richtigem Einsatz können die Veröffentlichung von Bildern aus Archiven und die in den Medien entstandenen Bildvergleiche den Gletscherrückgang aufzeigen und einen guten Beitrag zur Klimadebatte leisten.



## 4.2 Historische Dokumente als Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen

Die Verwendung von Bildvergleichen wird auch damit begründet, dass der Blick in die Vergangenheit ein besseres Verständnis für Klimaänderungen ermöglichen kann (BAKER & MOSELEY 2007). So wurde bereits auf die Möglichkeit hingewiesen, aus Bildern und historischen Berichten auch Auskünfte im Allgemeinen über dynamische Prozesse in der Landschaft und im Speziellen von Gletschern bekommen zu können (GLASER & RADTKE 2007).

Daraus ergibt sich, dass mittels historisch-geographischer Forschungen auch Aussagen zum globalen Klimawandel getroffen werden können. Grundsätzlich bediene sich dabei die Historische Geographie den Methoden der Geschichtswissenschaft, zu denen die Quellenkritik gehört. Bei der Auswertung der historischen Dokumente tritt besonders bei älteren Quellen das Problem auf, dass größtenteils die „in den Quellen genannte räumliche Informationen nicht exakt zu verorten sind“ (DIX & SCHENK 2007: 818).

Im vorherigen Kapitel wurde dargestellt, wie in Untersuchungen mittels Bildvergleichen mit dem Problem der Verortung umgegangen wurde. Dies sind auch die Erfahrungen des Verfassers bei der Erstellung der Bildvergleiche dieser Arbeit.

Neben den Schwierigkeiten bei der Verwendung von Bildmaterial ist ebenso bei der Auswertung verschiedener historischer Expeditionsberichte oftmals keine genaue räumliche Zuordnung möglich. Dies schränkt die für den Vergleich der Eissituationen auf Expeditionen in dieser Arbeit verwertbaren Auswahl von vergleichbaren Textstellen stark ein. Insgesamt gilt auch in dem nachfolgenden Fall der Auswertung von historischen Fahrtenberichten: „Man gewinnt auf diese Weise nur schlaglichtartige Informationen, die in kleinerem räumlichen Maßstab nur qualitative Aussagen zulassen“ (ebd.).

Doch gerade „die gesellschaftliche Nachfrage nach einer prognostischen Abschätzung beispielsweise des Klimawandels“ fordert eben auch einen weiteren Blick in die Vergangenheit und eine Möglichkeit zur Veranschaulichung der Problemkomplexe. Aus historischen Quellen können bis maximal 500 Jahre zurückreichende Daten gewonnen werden (DIX & SCHENK 2007).

Die im Rahmen dieser Untersuchung ausgewerteten historischen Berichte reichen im Bildvergleich 75 Jahre und im Vergleich der Schiffspositionen genau 100 Jahre in die Vergangenheit und bieten damit ein größeres Zeitfenster, als beispielsweise Satellitenbilder oder kontinuierliche Temperaturmessungen es ermöglicht hätten. Die ältesten Satellitenbilder stammen von dem Spionagesatelliten Corona vom Ende der 1960-er Jahre, Luftbilder allerdings auch für diesen Raum bereits aus den 1930ern. Kontinuierliche Wetterdaten für Nordostgrönland werden erst seit der Errichtung der Wetterstation *Danmarkshavn* im Jahre 1949 aufgezeichnet.

### 4.3 Aufnahme der Primärdaten in Nordostgrönland

Möglichkeiten und Probleme der Methode des Bildvergleiches im Allgemeinen wurden in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Ebenso wurde dort eine 1958 in Nordostgrönland mit Vergleichsfotos zu Aufnahmen WEGENERS von 1908 durchgeführte Untersuchung wiedergegeben. LISTER weist darin auf die Schwierigkeiten hin, die mit dem Wiederfinden des Aufnahmestandortes der historischen Aufnahme verbunden sein können. Besonders bei Vergleichen zu historischen Aufnahmen, die keine genaueren Ortsangaben enthalten, wird dieses Auffinden des alten Aufnahmestandortes in Studien mit Bildvergleichen als die größte Schwierigkeit bei der Durchführung der Vergleichsstudien angesehen. Ebenso auch in der vorliegenden Arbeit.

Die in den Bildvergleichen jeweils unter den historischen Aufnahmen wiedergegebenen Ortsangaben und Beschreibungen konnten zur ersten groben Orientierung dienen. Dann wurden versucht, die auf den historischen Aufnahmen gut erkennbaren Geländeinformationen wie Gletscher, markante Grate, Kuppen oder auch starke Hangneigungen auf den topographischen Karten zuzuordnen. Bei einer Übereinstimmung der auf den Aufnahmen und den topographischen Karten erkennbaren Geländeinformationen konnten die in den 1930er Jahren aufgenommenen Bilder in die Karte übertragen werden. Mit Hilfe der dadurch in der Karte genau verorteten auffälligen Geländeformationen wie jene genannten Gletscher, Grate, etc. ließen sich nun die alten Aufnahmestandorte recht genau lokalisieren, indem Hilfslinien in die Karte eingetragen wurden. Dabei wurde beispielsweise in der Aufnahme der *Kargletscher der Fjordwand des Suess Landes* (Kap. 6.1.1) eine hinter dem Gletscher liegende Bergspitze zur Orientierung genommen. Da sich diese Bergspitze im Bild etwa über dem obersten Bereich der auffälligen Gletscherzunge befindet, konnte eine Hilfslinie von der Bergspitze über diesen Bereich des Gletschers und weiterführend bis in den Fjord in die Karte eingezeichnet werden. Von dem Bereich dieser Standlinie aus war (wahrscheinlich) das historische Foto aufgenommen worden. Es wurden für jeden Bildvergleich mehrere solcher Hilfslinien genutzt und so im Verfahren nach einem in der traditionellen Seefahrt gebräuchlichen Prinzip der terrestrischen Navigation vorgegangen, bei dem der Kreuzungspunkt mehrerer Standortlinien ermittelt wird.<sup>2</sup>

Nun musste während der Fahrt entlang der zu vergleichenden Stelle durch genaues Beobachten der Geländeformationen der exakte Standort ermittelt werden. Natürlich entstand so eine (zumindest

---

<sup>2</sup> Bei der Ortsbestimmung mittels so genannter Kreuzpeilungen werden mehrere Landmarken über einen Kompass anvisiert und diese Peilrichtungen – nach den notwendigen Korrekturen zum Ausgleich der Ablenkung des Magnetfeldes durch das Schiff und der Missweisung der Nordrichtung – in die Karte übertragen. Der Standort liegt dann im Schnittpunkt der Peillinien. Bei der Ermittlung der Aufnahmestandorte in dieser Untersuchung musste in umgekehrter Reihenfolge vorgegangen werden, denn es gab weder vorgegebene Peillinien noch genaue Angaben zur Aufnahmerichtung. Zur Orientierung dienten nur die markanten Landschaftselemente und deren Ausrichtung im Raum.

anfangs recht lange!) Reihe von Aufnahmen. Dabei konnte festgestellt werden, dass schon geringe Abweichungen bei den „Versuchsfotos“ teilweise einen sehr andersartigen perspektivischen Eindruck vermitteln, so dass ein Bildvergleich dann nur wesentlich eingeschränkter möglich gewesen wäre. Da sich durch fehlende Angaben weder anhand des Textes noch über Angaben zu den Aufnahmestandorten die Richtigkeit sowohl des Ortes als auch der Perspektive genau ermitteln lassen, muss allein der genaue Vergleich der Aufnahmen zur Überprüfung ausreichen. Die genauen Übereinstimmungen zeigen nach der Einschätzung des Verfassers eindeutig die richtige Wahl der Perspektive für die Wiederholungsaufnahmen. So konnten mittels der auf Segelreisen erworbenen Praxis der terrestrischen Ortsbestimmung und mit viel Glück die historischen Aufnahmestandorte durch „Punktlandungen“ getroffen werden.

Das exakte Auffinden während der Fahrten durch die Fjorde hat sich als sehr spannend, jedoch auch recht schwierig erwiesen. So musste beim Fotografieren auch die Eissituation beobachtet werden, damit nicht beim Erreichen der genauen Aufnahmeposition die mit dem historischen Foto identische Ansicht durch einen Eisberg verstellt war und damit die Aufnahme verhindert worden wären (verdeutlicht wird dies anhand eines Beispiels in Kap. 6.1.4).

Im direkten Bildvergleich werden zur besseren Interpretation auch die rezenten Aufnahmen in schwarz-weiß wiedergegeben. Einzige Ausnahme und damit Vergleichsmöglichkeit für die Interpretation farbiger und schwarz-weißer Aufnahmen bildet das erste Bildpaar (Kap. 6.1.1).

Bei der Bildinterpretation muss bedacht werden, dass durch die enorme Größe der Berge, an denen zusätzlich noch durch das Fehlen jeglicher höherwüchsiger Vegetation aus größerer Entfernung keine Vergleichsmöglichkeit gegeben sind, die erkennbaren Unterschiede aufgrund der enormen Proportionen kleiner erscheinen. So wird in dem Expeditionsbericht, dem die Vergleichsbilder entnommen sind, darauf hingewiesen, dass „what seems but a few hundred feet often in reality must be measured in thousands“ (BOYD 1935: 24)

Zum genaueren Vergleich und zur besseren Veranschaulichung der unterschiedlichen Gletscherstände werden die Aufnahmen der *Kargletscher der Fjordwand des Suess Landes* in ein Bild zusammengefügt (Kap. 6.1.1.4). Die früheren Gletscherkonturen wurden hervorgehoben und diese Aufnahme transparent über das rezente Bild gelegt. So können die aus den Bildern ablesbaren historischen und rezenten Gletscherausdehnungen direkt verglichen werden (Abb.26, S. 58).

Um im Rahmen der qualitativen Auswertung grobe Anhaltswerte über die Größenangaben des Gletscherrückganges zu bekommen, wurden in diesem Zusammenschnitt der Bilder durch Proportionsmessungen verschiedene Rückzugswerte aufgrund einfacher Messungen ermittelt. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen: die aus den topographischen Karten bekannte Höhe einer Bergspitze (1700m) wurde als Grundlage genutzt, um die jeweiligen Längen der einzelnen Rückzugsraten dar-

an anzulegen und die proportionale Länge festzustellen. Die unterschiedliche Lage im Raum sowie verschiedene Bildtiefen wurden anschließend grob abgeschätzt und die Größenangaben dementsprechend korrigiert. So wurde für den abgebildeten Zungengletscher ein Winkel von  $20^\circ$  zur Betrachterebene über einen Vergleich mit der topographischen Karte abgeschätzt und die Länge des Abstandes zwischen den verschiedenen Lagen der historischen und der rezenten Gletscherfronten mit dem entsprechenden trigonometrischen Verlängerungsfaktor  $1/\cos(20^\circ) \approx 1.064$  multipliziert.

Um der Gefahr einer übertriebenen Darstellung bewusst entgegen zu wirken, wurden bei den abzuschätzenden Größen stets die Werte genommen, die zu geringeren Zahlen führen. Daher werden diese Zahlen als Mindestwerte angesehen. Der Verfasser ist sich bewusst und weist auch ausdrücklich darauf hin, dass diese Zahlenangaben nur als grobe Richtwerte angesehen werden können. Doch durch die Umrechnung verschiedener Bezugssysteme der GPS-Koordinaten und der topographischen Karten<sup>3</sup> und zahlreicher Unsicherheiten aufgrund der Aufnahmen von See aus wurde im Rahmen dieser Arbeit von einer genaueren Auswertung der Bilder beispielsweise mittels photogrammetrischer Verfahren abgesehen<sup>4</sup>. Für die Anforderungen der photogrammetrischen Datenaufnahme und Auswertung wird zudem grundsätzlich gefordert: „the photogrammetric data and its evaluation have to be done by the professional geodetic surveyor“ (KING & HELL 1993: 25).

Da es in dieser Arbeit nicht um eine quantitative Auswertung geht und die Bildvergleiche in der Untersuchung ausschließlich qualitative Daten liefern, dienen diese Zahlenangaben der Interpretation und Einordnung bezüglich anderer Gletscherrückzugswerte und zur anschaulichen Darstellung. Auch in der Literatur finden sich Abschätzungen des Gletscherrückganges (vgl. NÜSSER 2000). Aus diesen Gründen sieht der Verfasser die Angaben als hilfreich an und geht davon aus, dass die in der Vorstellung der Methodik erwähnte Feststellung von HERGET (2007) hier zutreffend ist und mit den genannten einfachen Hilfsmitteln eine für die Zwecke dieser Untersuchung ausreichende Genauigkeit erzielt werden kann.

---

<sup>3</sup> Die GPS-Koordinaten haben als Bezugssystem das World Geodetic System 1984 (WGS 84). Die topographischen Karten sind auf der Grundlage der Vermessung von 1932-33 (!) mit Korrekturen von 1974 erstellt. Die Korrekturwerte für das WGS 84 müssten über den Herausgeber der Karten (Geodætisk Institut in Kopenhagen) bezogen werden.

<sup>4</sup> Dr.-Ing. K.H. ELLENBECK vom Bonner Institut für Geodäsie und Geoinformation (Professur für Photogrammetrie) teilte dem Verfasser schriftlich und mündlich mit, dass die photogrammetrische Auswertung der Aufnahmen sehr aufwendig sei. Unter anderem liege dies daran, dass Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)-Daten für die notwendigen 3D-Informationen nicht so weit in den Norden reichen. Der Umfang wurde als einer Bachelor-Arbeit entsprechend angesehen und könnte evtl. in einer solchen Arbeit an besagtem Institut vorgenommen werden.

## 5 Nordostgrönland im Zusammenhang mit globalen Naturprozessen

### 5.1 Regionale Prozesse und Einflussfaktoren

Mit Hilfe dieser Grafik ist der Zusammenhang verschiedener Meeresströmungen gut zu erkennen. Die sichtbaren Auswirkungen verschiedener Naturprozesse lassen sich anhand eines Satellitenbildes anschaulich darstellen, welches hier der Grafik unterlegt ist und im Folgenden abgebildet ist. Grafik und Satellitenbild bilden die Grundlage für die Darstellung der raumprägenden Faktoren.

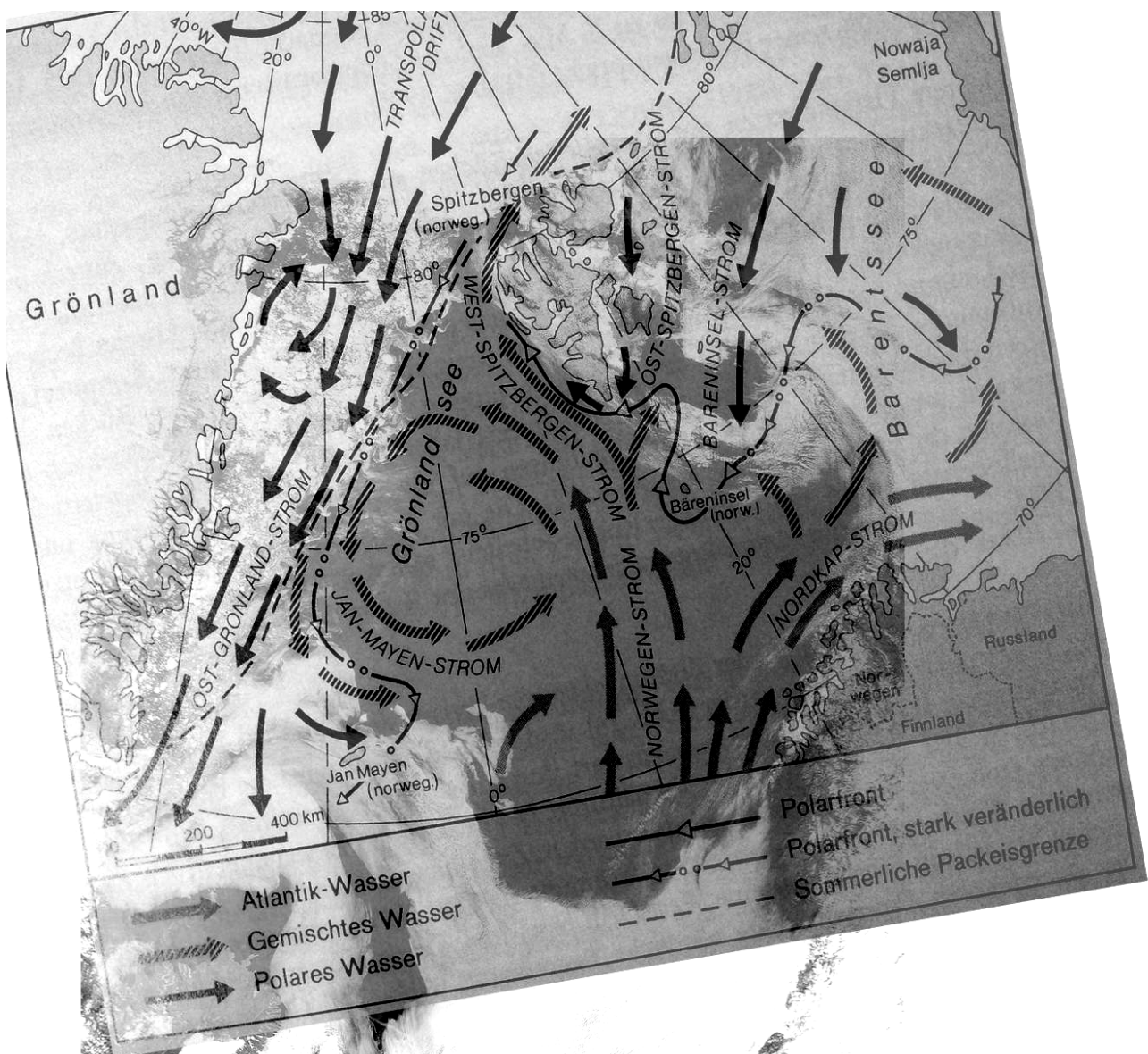


Abb. 14: Satellitenbild Nordatlantik (s. Abb. 15) mit transparent übergelegter Grafik über Meeresströmungen (Quellen: Satellitenbild: Nasa; Grafik: BLÜMEL 1999:43; eigene Zusammenstellung)

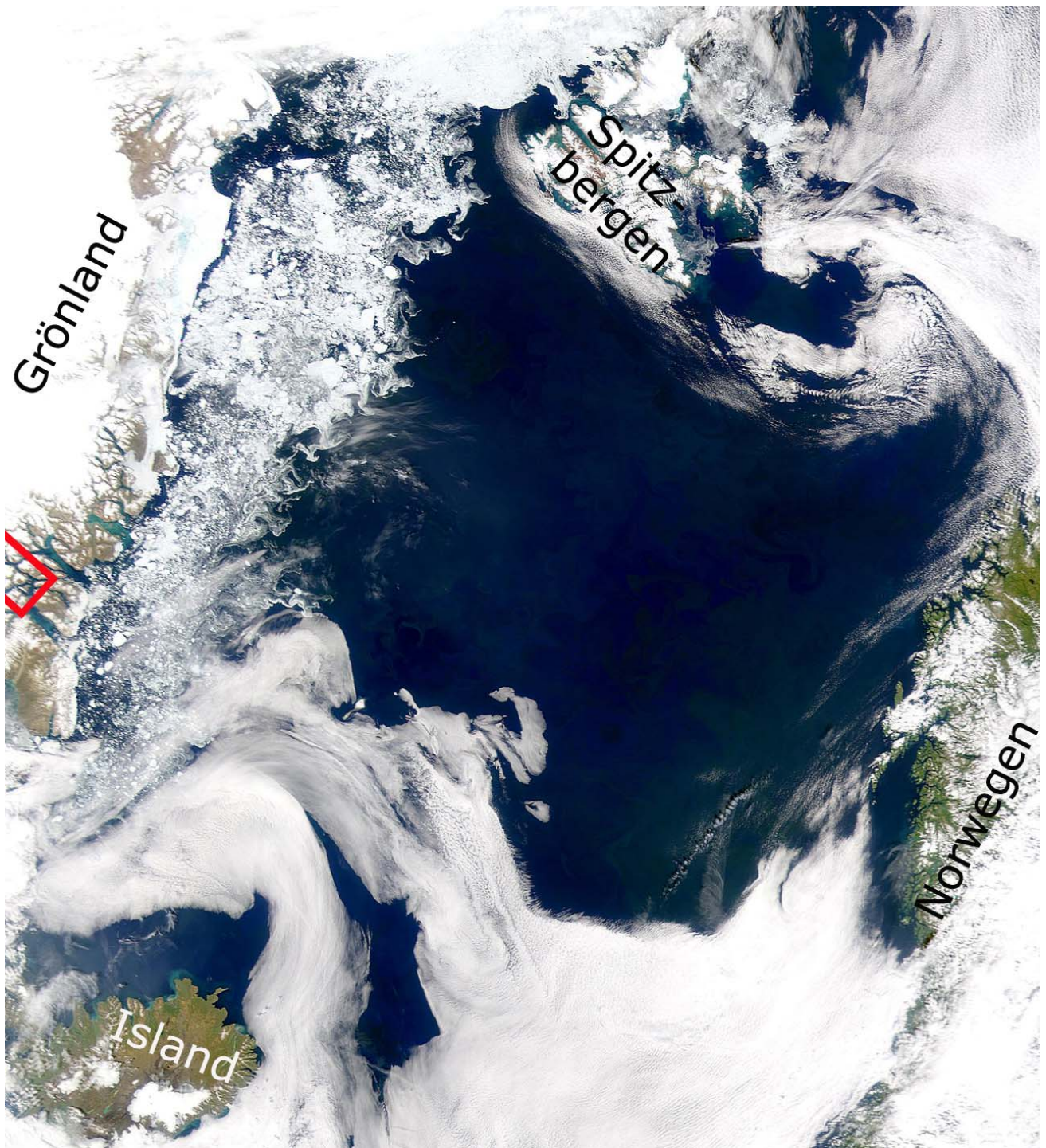


Abb. 15: Satellitenbild Nordatlantik (Quelle: NASA, eigene Bearbeitung)

Das Satellitenbild zeigt den Nordatlantik von ca. 63° N am unteren Bildrand bis zum arktischen Packeis bis nördlich von 83° N. Der Ostgrönland-Strom ist gut am hohen Aufkommen von Treib- und Packeis zu erkennen. Das Untersuchungsgebiet ist rot umrahmt (Ausschnitt wie Abb. 20, S.50). Am unteren Bildrand sind die über Island sehr deutlich ausgebildeten Wolkenbänder auffällig. Sie zeigen ein Tiefdruckgebiet oder zumindest sehr ausgeprägte Fronten einer größeren Störung an. Mit diesem Island-Tief ist ein markantes Wetterphänomen zu erkennen, das prägend für dieses Gebiet ist und bis in den europäischen Raum hinein starke Auswirkungen zeigt.

An der durch ein feingliedriges Fjordsystem geprägten Nordwest- und Nordküste Norwegens sind kleine Wolkenbänder und einzelne Wolkenfelder zu erkennen. In diesem Bereich werden die feuchten Luftmassen des Atlantiks an der steilen Küste zum Aufsteigen gezwungen und kondensieren bei der damit verbundenen Abkühlung häufig aus, sobald es bei der Abnahme der Temperatur zu einer Unterschreitung des Taupunktes kommt. Der Atlantik weist in diesem Bereich aufgrund des Nordatlantikstromes sowie der von ihm beeinflussten und angetriebenen Meeresströmungen erhöhte Temperaturen auf und ist ganzjährig eisfrei, da mit dem in Richtung der Pole strömenden warmen Wasser aus den niederen Breiten die Wärme bis an die Westküsten der höheren Breiten transportiert wird (BRÜCKNER & KELLETAT 2007).

Im Bereich zwischen Norwegen und Spitzbergen zeigt die Wolkenformation ein weiteres Tiefdrucksystem an. Die zudem sehr ausgeprägte Wolkenbildung ist wahrscheinlich durch das in diesem Bereich stattfindende Aufeinandertreffen warmer und kalter Meeresströmungen verstärkt. Denn beim Kontakt mit dem kalten Meerwasser kondensiert die Luftfeuchtigkeit der warmen Luftpakete durch die Abkühlung aus, wenn dabei die Taupunkttemperatur unterschritten wird.

Der vom arktischen Meereis ausgehende Ostgrönland-Strom mit Driftgeschwindigkeiten von 15 km/Tag führt große Packeismassen mit, die im Regelfall mehrere Meter stark sind und jahrelang überdauern (BLÜMEL 1999).

Um ein Beispiel für die im vorhergehenden Kapitel durch das Zitat von SCHELLNHUBER und WENZEL (1998) genannte „überwältigende Komplexität“ des globalen Klimasystems zu geben wird im Folgenden auf die Wechselwirkungen verschiedener Naturprozesse des globalen Energiesystems eingegangen. Dabei sollen die für Nordostgrönland wichtigen raumprägenden Prozesse genannt und grob skizziert werden, konkreter auf den Untersuchungsraum bezogen werden sie jedoch erst im folgenden Kapitel.

### **Einfluss des Nordatlantikstromes**

Allgemein sind Meeresströmungen für den Energieaustausch im Erdsystem sehr wichtig, da der Energietransport im Klimasystem vom Äquator in Richtung der Pole durch die atmosphärische und zu großen Teilen auch durch die ozeanische Zirkulation stattfindet. Die einzelnen Meeresströmungen sind in diesem erdumspannenden Zirkulationssystem, welches auch als *globales Förderband* (*conveyor belt*) bezeichnet wird, miteinander verbunden (JACOBET 2007).

Von entscheidender Wirkung für den Antrieb der Zirkulation ist die Anreicherung der oberen Wassermassen mit höherem Salzgehalt während des Gefrierprozesses. Dabei sammelt sich der Salzgehalt in Blasen und Tröpfchen an und anschließend schmilzt die dabei entstandene Sole durch das Eis. So werden Temperatur- und Salinitätsänderungen als eine Folge von Klimaänderungen und gleichzeitig auch als Motoren der thermohalinen Zirkulation angesehen, deren Veränderungen des Wärmetransportes weit reichende Auswirkungen haben können (BRÜCKNER & KELLETAT 2007).

Für die aktuelle Klimadiskussion ist von großer Bedeutung, dass aufgrund von Wechselwirkungen die Gefahr besteht, dass sich beim „Überschreiten kritischer Dichteschwellenwerte ein abrupter Systemzustandswechsel vollzieht und auch der rezente Klimawandel durchaus relevante Parameter beeinflusst“ (JACOBET 2007: 7). So könnte es durch das Versiegen oder eine Reduktion der Wärmezufuhr durch den Nordatlantikstrom, „der einen „Wärmeofen“ für NW-Europa darstellt, [...] mittelfristig, d.h. nach dem 21. Jahrhundert in Westeuropa sogar zu einer Abkühlung kommen, südlichere Regionen würden sich dafür aber noch stärker erwärmen“ (STERR 2007: 88).

Entscheidend für den Antrieb des Nordatlantikstromes und somit auch als Schlüsselregionen der globalen thermohalinen Zirkulation werden die Gebiete angesehen, „in denen abgekühltes und/oder relativ salzreiches Wasser aufgrund seiner erhöhten Dichte absinkt und dadurch Tiefenwasser gebildet wird“ (JACOBET 2007: 6). Im subpolaren Nordatlantik sind solche Schlüsselstellen östlich und südwestlich von Grönland. So gilt: „Angetrieben wird der Nordatlantikstrom unter anderem durch das Absinken von Wassermassen vor der Ostküste Grönlands“ (NOTZ 2007: 28). Dabei entsteht beim Gefrierprozess ein lediglich schwach salzhaltiges oder gar salzfreies Eis, das aufgrund der tiefen Temperaturen des arktischen Winters und die dünne und daher nur schwach isolierende Schneedecke bedeutend dicker wird als in der Antarktis (BLÜMEL 1999).

Die Auswirkungen der Meeresströmungen können am besten durch ein Beispiel verdeutlicht werden: die „Gegenspieler“ (THANNHEISER & WÜTHRICH 2002: 46) von Nordatlantikstrom und Ostgrönland-Strom bewirken, dass die Isothermen so stark nach Norden oder Süden verlagert werden können, dass „die norwegische Stadt Hammerfest das ganze Jahr über von Schiffen angefahren werden kann, Scoresbysund in Ostgrönland nur zwei Monate im Jahr mit Hilfe von Eisbrechern, obwohl beide auf gleicher Breite liegen“ (ebd.).



### **Der Ostgrönland-Strom**

Eine entscheidende Rolle sowohl für das globale als auch das lokale Klimageschehen kommt dem Ostgrönland-Strom über den gewaltigen Energieaustausch zu. Die Temperaturen liegen im Ostgrönland-Strom unter Eisbedeckung bei  $< -1^{\circ}\text{C}$ , nördlich von  $75^{\circ}\text{N}$  bei  $< 0^{\circ}\text{C}$ , südlich davon bei  $0-2^{\circ}\text{C}$ . Die Menge des Meereises, welches pro Jahr die hohen Breiten verlässt, entspricht rund  $2800 \text{ km}^3$  Wasser, was etwa 90% des gesamten arktischen Eisexportes darstellt. Dies wird durch warme Wassermassen aus dem Atlantik ersetzt, die sich als *Norwegen-Strom* und *Nordkap-Strom* in Richtung Spitzbergen und Barentssee verteilen und als *West-Spitzbergen-Strom* sogar in die Gewässer nördlich des 80. Breitenkreises vordringen (BLÜMEL 1999).

Der Ostgrönland-Strom bringt mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 15 km/Tag das Eis des Nordpolarmeeres an der Ostküste Grönlands nach Süden und beeinflusst mit diesen Eismassen die klimatischen Bedingungen des Küstenabschnittes. So verringere der Ostgrönland-Strom den für eine derartige Fjordküste üblichen lokalen Erwärmungseffekt, der sonst ein stärkeres Auftauen innerhalb der Fjorde bewirken würde (BENNIKE 2004).

### **Wechselwirkungen mit atmosphärischer Zirkulation und dem globalen Klimasystem**

Da sich die Wassertemperaturen abhängig von den Meeresströmungen auf die atmosphärische Zirkulation auswirken und diese Strömungen wiederum von den Winden angetrieben oder zumindest verändert werden, handelt es sich um komplex rückgekoppelte Prozesse zwischen der ozeanischen und der atmosphärischen Zirkulation (THANNHEISER & WÜTHRICH 2002).

Ebenso üben die Schwankungen der Nordatlantischen Oszillation (NAO) einen starken Einfluss auf den Nordatlantik aus. Die NAO stellt eine Variation des Luftdruckgefälles zwischen dem Azoren-Hoch und dem Island-Tief dar und zeigt „in ihren niederfrequenten Schwankungen Zusammenhänge mit der Temperaturverteilung, dem Salzgehalt und der Eisbildung im Nordatlantik“ (WAN-  
NER et al., 2000, zit. nach JACOBET 2007: 5).

Eine genauere Analyse für eine deutliche Erwärmung in der Arktis bereits in den 1920-50ern ist ein deutliches Beispiel für den Einfluss der atmosphärischen Zirkulation auf die Arktis. Denn die Erwärmung wird ursächlich auf die Verlagerung der Polarfront nach Norden und einer gleichzeitig stattfindenden Verstärkung der atmosphärischen Zirkulation zurückgeführt. Dadurch wurde das Vordringen von tropischer Luftmassen bis weit in den Norden bewirkt (SCHUNKE 1979).

Allgemein wird den Polargebieten für das globale Klimageschehen eine zentrale Rolle zugeschrieben, denn „der Zyklus von Eiszeiten wird mit großer Wahrscheinlichkeit von Klimaprozessen in Polargebieten gravierend beeinflusst, die Höhe des Meeresspiegels ist direkt an die Menge des im polaren Landeis gebundenen Süßwassers gekoppelt, einige der wichtigsten Steuermechanismen der globalen Ozeanzirkulation liegen in hohen Breiten“ (NOTZ 2007: 27).

## 5.2 Physisch-geographische Grundlagen des Untersuchungsgebietes

*„Alexander v. Humboldt hat irgendwo in seinen Werken geäußert, es sei so wenig Interessantes in den Polargebieten zu finden, dass sich die Expeditionen dorthin nicht verlohnten. Hätte er wie wir unter dem flimmernden Polarlicht gestanden mit dem niederschmetternden Gefühl unserer Ohnmacht gegenüber dieser nicht etwa neu entdeckten, nein, seit Menschengedenken bekannten Naturerscheinung, er hätte nie und nimmer so gesprochen! Dort oben über uns entrollte sich die strahlende Draperie in geheimnisvollen Bewegungen, eine gewaltige Lichtsymphonie spielte in tiefstem, feierlichstem Schweigen über unseren Häuptern, wie um unserer Wissenschaft zu spotten: Komm doch her und erforscht mich! Sagt mir, was ich bin!“ (ALFRED WEGENER während der Überwinterung in Danmarkshavn in Nordostgrönland. Zit. in WUTZKE 1997: 40).*

„Ostgrönland ist eine der unzugänglichsten Regionen der Erde“ – dies wird einer Untersuchung des Alfred-Wegener-Instituts vorangestellt. Denn selbst für deren Forschungsschiff POLARSTERN stellen der Ostgrönland-Strom und die wechselnden Eisverhältnisse in den Fjorden eine Barriere dar und erfordern einen „hohen logistischen Aufwand“ (MANDLER 1995: 15).

Auch ein geographischer Reisebegleiter erwähnt neben der Einzigartigkeit ebenso die Unzugänglichkeit dieser Region: „Ein Wunder der Natur, das nur wenige Menschen jemals zu Gesicht bekommen, sind die fantastischen Landschaften um den Keiser Franz Josephs Fjord und Kong Oscar Fjord im abgelegenen nördlichen Ostgrönland“ (STANGE<sup>5</sup> 2006: 89).

Auch wenn immer wieder Expeditionen nach Nordostgrönland unternommen werden, so ist eindeutig nicht nur die Anzahl der Menschen verhältnismäßig niedrig, die diese Region untersuchten, sondern auch die Messstationen sind zumindest im Vergleich mit dem alpinen Raum wesentlich geringer und die Zeitreihen reichen nur in eine kürzere Vergangenheit zurück. Hier schließt der Verfasser nicht aus, dass seine Sicht auch durch die ihm in manchen Bereichen fehlenden Zugangsmöglichkeiten und Kenntnisse eingeschränkt ist.

Jedoch ist die recht geringe Anzahl der Daten grundsätzlich problematisch und so stellt eine Studie, in der Veränderungen des Meereises vor Südgrönland untersucht werden, fest: „Die klimatischen Kenntnisse in der Arktis und Antarktis sind besonders dürftig. Klimadaten liegen nur von wenigen Stationen über einen langen Zeitraum vor“ (PFLÜGER 2005: 1). So können auch in der vorliegenden Arbeit die lokalen Verhältnisse teilweise nur durch weiträumige Vergleiche und Interpolationen dargestellt werden.

---

<sup>5</sup> Der Autor ROLF STANGE bietet darin einen detailreichen Einblick in die Geologie und Geomorphologie von Spitzbergen und Ostgrönland (68-74° N) mit sehr anschaulichen und allgemeinverständlichen Beispielen. Er beschreibt die Faszination, welche die von ihm viel bereisten nordischen Landschaften und die Fächer Geographie und Geologie ausüben können, deren Studium er 2002 in Bonn mit dem Diplom abschloss.

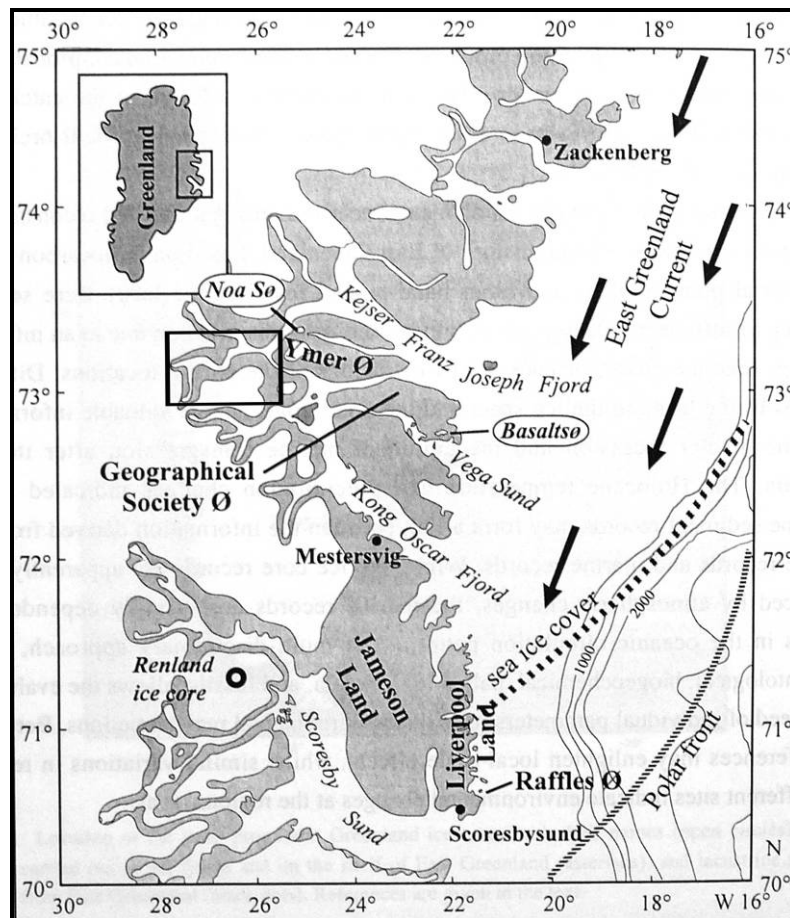


Abb.16: Lage des Untersuchungsgebietes in Nordostgrönland (Kasten= Ausschnitt wie Abb. 20 (WAGNER 2000:4 + eigene Bearbeitung)

### Klimatische Bedingungen

Die klimatologische Situation stellt sich insgesamt so dar: bedingt durch die Abnahme der Strahlungsintensität ist Nordostgrönland durch die Reduktion der Temperatur von Süd nach Nord gekennzeichnet, aber auch durch eine Abnahme der Temperatur vom Inneren der Fjordsysteme zur Küste hin von West nach Ost, bedingt durch den kalten Ostgrönland-Strom (WAGNER/AWI 2000). Die Niederschlagswerte sind abhängig von der Großwetterlage, die über weite Teile des Jahres durch ein stabiles Hochdruckgebiet über dem Inlandeis gekennzeichnet ist. Dieses dehnt sich oftmals über die Fjordregion aus und blockiert damit die Tiefdruckgebiete, was als der Grund für die nur sehr geringen Niederschlagswerte angesehen wird. Die Lage der Polarfront weit südöstlich der Untersuchungsregion ist in der oben stehenden Abbildung eingezeichnet. Diese Blockade der niederschlagsreichen Tiefdruckgebiete erklärt die in der folgenden Tabelle wiedergegebenen niedrigen Werte des Jahresniederschlages:

Tabelle 1: Niederschlagswerte ostgrönländischer Stationen (Angaben aus: WAGNER/AWI 2000: 8)

Ort	Danmarkshavn	Zackenber	Mestersvig	Scoresbysund
Jahresniederschlag	150 mm	222 mm	350 mm	550 mm

Durch die schlechte Datenlage für langjährige Zeitreihen werden hier nur Klimadaten von recht weit entfernten Stationen wiedergeben, die jedoch durch ihre Lage nördlich und südlich des Untersuchungsraumes zumindest auf dessen generellen Trend Rückschlüsse erlauben. Kleinräumiger betrachtet liefern die Daten einer Untersuchung in der Nähe der Station *Zackenber* (siehe im nördlichen Bereich in Abb. 16) mit einer Entfernung in Luftlinie von rund 250 km zum Untersuchungsgebiet die klimatischen Bedingungen.:

Tabelle 2: Temperatur und Niederschlagswerte für Zackenber (1995-2002) (CHRISTIANSEN 2004: 160)

	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	<b>1995-02</b>
Durchschnittliche Temperatur (C°)	-9.28	-9.94	-9.83	-9.69	-9.58	-10.8	-9.13	<b>-9.75</b>
Niederschlag (mm)	220	236	309	210	183	235	164	<b>222</b>

Generell gilt für die klimatischen Bedingungen von Nordostgrönland, dass sie charakterisiert sind durch niedrige Temperaturen und nur geringe, aber konstante Niederschlagswerte. Die Küstenzone ist beeinflusst durch den maritimen Einfluss mit häufigem Nebelaufkommen in den Bereichen bis zu einer Höhe von 100 – 200 m (Cremer et a. 2005: 85).

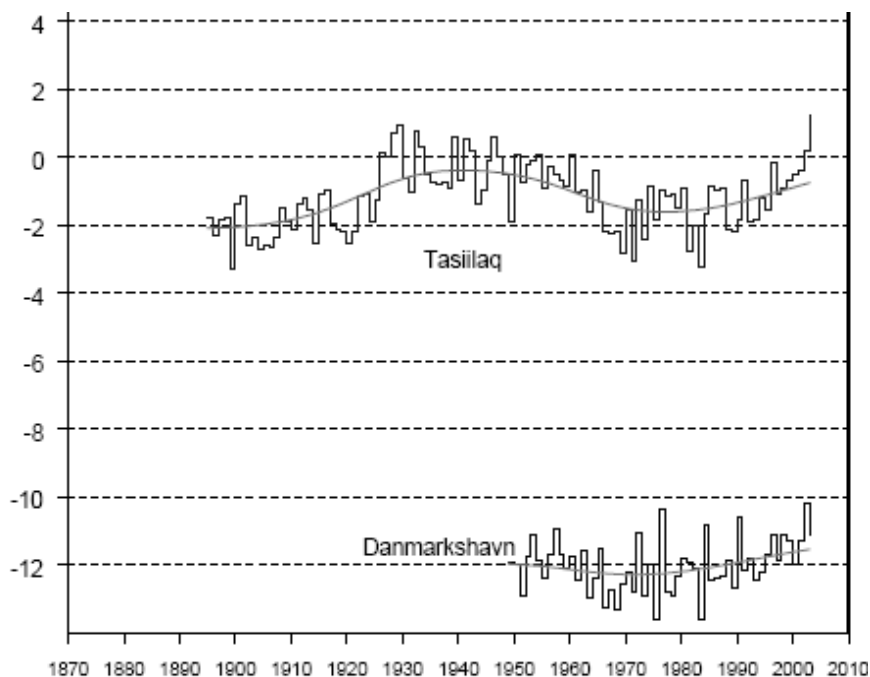


Abb.17: Jahresmitteltemperaturen 1873-2003 in Ostgrönland. Angaben in °C. (DMI 2004: 7)

Besonders im Hinblick auf die Einordnung der Untersuchungsergebnisse der Bildvergleiche in Nordostgrönland in großräumigere Entwicklungen bis hin zum globalen Klimawandel ist die Betrachtung der räumlichen Struktur von Veränderungen von meteorologischen Parametern:

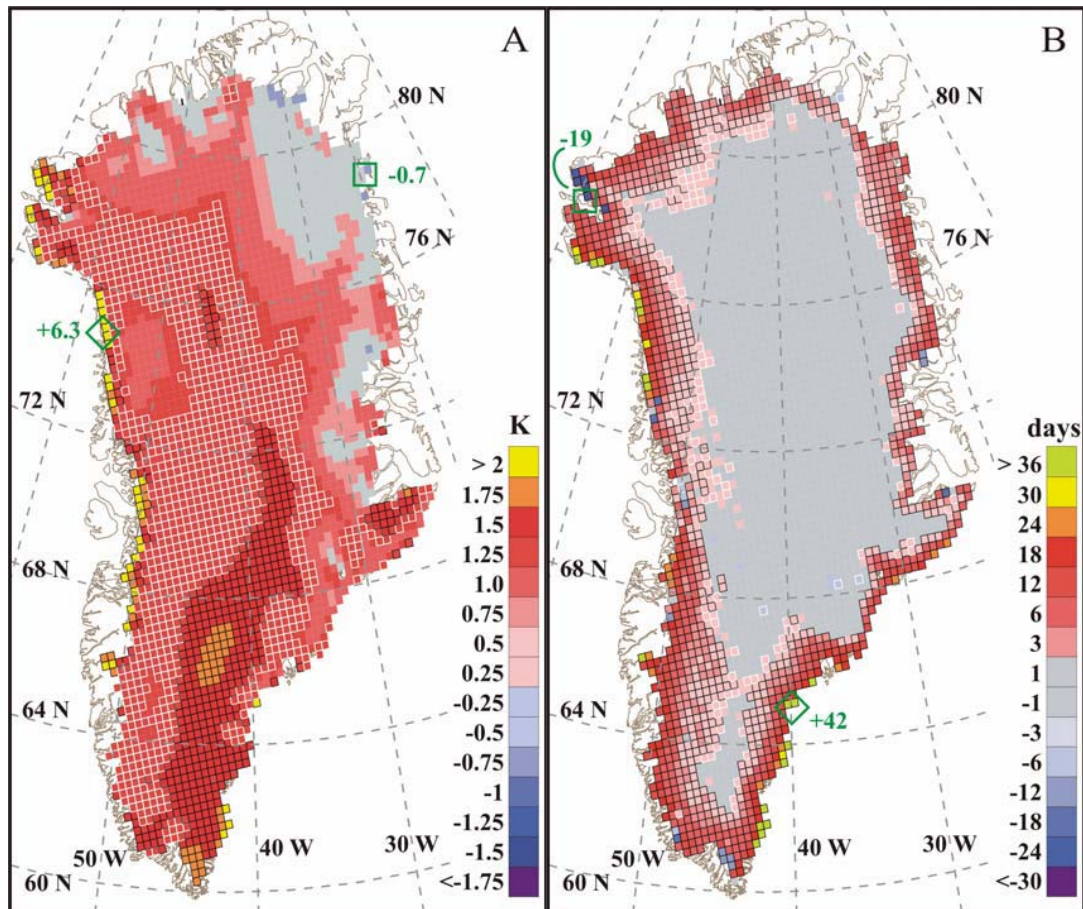


Abb.18: Räumliche Verteilungen der Veränderungen von (A) Jahrestemperatur und (B) Tagen mit Temperaturen über dem Gefrierpunkt (1988-2004) Die Orte mit den Maximal- und Minimalwerten sind mit grünen Symbolen hervorgehoben. (BOX 2004: 4)

Eine starke Temperaturzunahme ist an der Westküste zu verzeichnen, gefolgt von der Südostküste. In beiden Bereichen haben auch die Tage mit Temperaturen über dem Gefrierpunkt deutlich zugenommen, im Südosten sogar um 42 Tage. Eine Zunahme dieser Tage ist für den gesamten Küstenbereich zu verzeichnen mit wiederum den höchsten Werten in den Bereichen mit der größten Zunahme der Jahrestemperaturen. Auch in Nordostgrönland hat sich die Anzahl der Tage mit positiven Temperaturen um rund 3-12 Tagen/Jahr erhöht. Die Temperatur ist jedoch im Jahresdurchschnitt nahezu gleich geblieben, im nördlichen Bereich mit leichtem Temperaturrückgang (BOX 2004: 4). Die Klimadaten werden ergänzt durch die von Pflüger (2005) durch die Auswertung von Eisbeobachtungen in Schiffsjournalen gewonnenen Erkenntnisse über die Temperaturentwicklung im vergangenen Jahrhundert:

„Die stärkste Eismengenreduzierung findet deutlich vor 1920 statt, je nach Zeitreihe sogar noch früher. Die Reduktion der Eismenge setzt sich auch nach 1920 fort, doch weniger stark. Da dieses Muster des Eismengenverlusts sich in allen Zeitreihen wiederfindet, ist davon auszugehen, dass es sich um ein generelles Phänomen in der Nordhemisphäre handelt. Allein die Temperatur dafür verantwortlich zu machen, wäre aber unzulässig, da die Eisdrift in allen hier untersuchten Zeitreihen Ursache der Vereisung ist und daher die Atmosphärische Zirkulation dafür mitverantwortlich sein muss. [...] Die generelle Ähnlichkeit der Trends in den Zeitreihen gibt allerdings einen sicheren Beweis dafür, dass die Eismenge über einen langen Zeitraum hinweg tatsächlich weniger geworden ist, insbesondere in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts gegenüber dem belegbaren Zeitraum zuvor“ (PFLÜGER 2005: 190).

### **Eissituation**

Bereits in den 1950ern wurde von FRISTRUP geäußert, dass die Menge des Treibeises eng mit dem gemessenen Temperaturanstieg zusammenhängen müsste. Er sieht eine kurzzeitige starke Zunahme des Treibeises durch den Temperaturanstieg begründet, da sich bei den höheren Temperaturen die zuvor zusammengestauten Eisfelder auflösen könnten und so eine größere Menge von Treibeis entstehen würde (FRISTRUP 1952).

Einer neuen Studie des Alfred-Wegener-Institutes zufolge ist in den letzten Jahren eine Erwärmung des östlichen Bereiches der Framstraße gemessen worden, im mittleren und westlichen Bereich jedoch eine Abkühlung. Dies wird als die Ursache des beobachteten höheren Eisaufkommens im Ostgrönland-Strom angesehen (AWI 2005). Die Beispiele zeigen einen komplexen Zusammenhang zwischen Eisvorkommen und der Temperaturentwicklung.

### **Einfluss des Ostgrönland-Stromes**

Der Ostgrönland-Strom übt einen wesentlichen Einfluss auf die klimatischen Bedingungen von Nordostgrönland aus. Denn in den Fjorden findet ohne Beeinflussung von Außen eine Temperaturerhöhung durch die in ihnen aufgewärmte obere Wasserschicht statt. Die Dicke und Ausdehnung dieses warmen Oberflächenwassers ist wiederum abhängig von der Wärme des Sommers. Dieser lokale Effekt wird jedoch in weiten Teilen der Fjordsysteme durch den Einfluss der im Zusammenhang mit großräumigen Prozessen stehenden kalten Meeresströmung aufgehoben (BENNIKE 2004).

Mittels Radiokohlenstoffdatierung kann für einen Zeitraum beginnend vor 3000 Jahren ein Zusammenhang des lokalen Klimas mit dem Ostgrönland-Strom nachgewiesen werden, der die Beeinflussung aufzeigt. So herrschte in dem Zeitraum von 3000-1000 Jahre vor Heute in Ostgrönland ein kühl-trockenes Klima, das mit einer Verstärkung des Ostgrönland-Stromes und einer fast ganzjährigen Eisdecke vor Ostgrönland zusammenfällt (WAGNER/AWI 2000).

### Gletschersituation und glazialer Formenschatz

Grundsätzlich ist hier mit recht statischen, kaum fließenden Gletschern zu rechnen, da „hochpolare Inlandgletscher zu großen Teilen »kalte Gletscher« [sind], das heißt, sie zeigen auch im Polarsommer keinen subglazialen Schmelzwasserfluss. Ihre geomorphologische Formungswirkung ist gegenüber den so genannten *wetbased glaciers* relativ gering (CLARIDGE & CAMPBELL 1987). Kalte Gletscher entwickeln geomorphologisch nur unbedeutende Endmoränen und keine Sander- oder Schotterstränge“ (BLÜMEL 2007: 340).

Während der letzten maximalen Vereisung in dieser Region, dem Greenland Stadial 2 (GS-2) vor 21.-17.000 Jahren vor heute waren die Fjorde mit dünnen Gletscherzungen angefüllt, die an einigen Stellen Endmoränen an den Mündungen der größeren Fjorde bildeten (WAGNER 2000).

### Geologische Grundstrukturen

Die Gebirgsregion liegt im Bereich des kaledonischen Grundgebirges, das zu weiten Teilen aus Graniten und hochmetamorphen Gneisen aufgebaut ist. Das Untersuchungsgebiet befindet sich innerhalb der Region mit kontinuierlichem Permafrost (Thannheiser & Wüthrich 2002, STANGE 2006).

Die Fjordbildung wird als unabhängig von den tektonischen Strukturen angesehen, denn der Verlauf der Hauptfjorde des weitverzweigten Fjordsystems, zu denen der Kejsler Franz Josephs Fjord gehört, zeigt keinen Zusammenhang zwischen der Lage der Täler und Fjorde und den tektonischen Strukturen (Stange 2006).

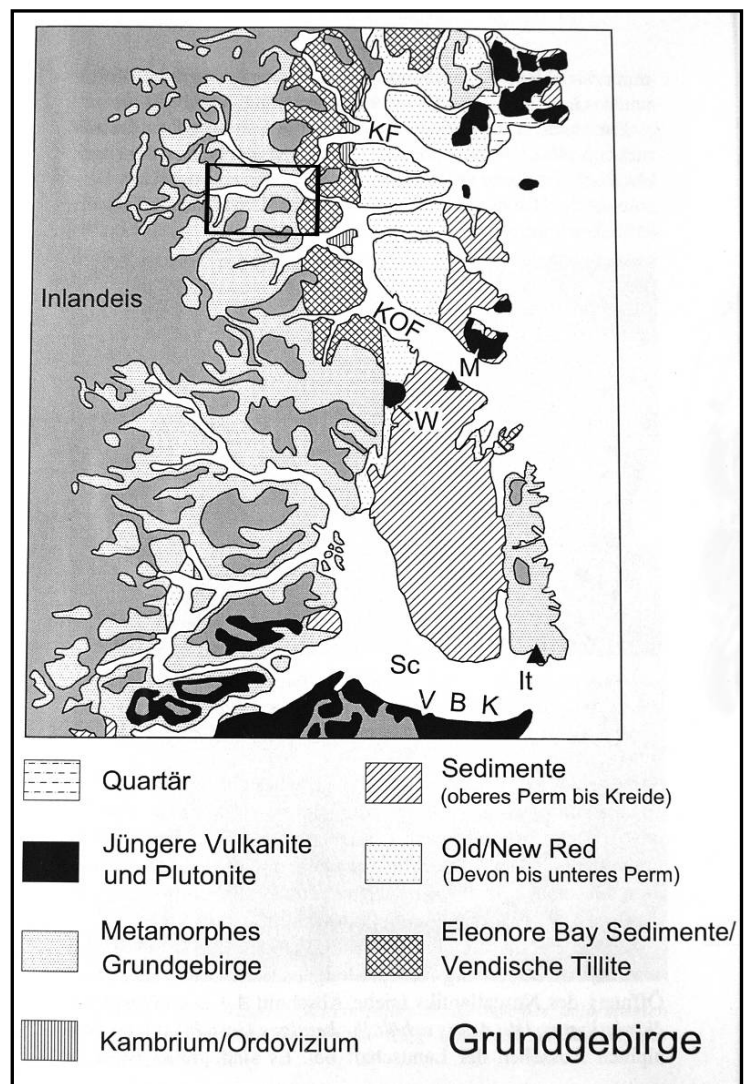


Abb. 19: Schematische geologische Übersichtskarte

(Stange 2006: 106)

## 5.3 Vorstellung des Untersuchungsgebietes



Abb. 20: Satellitenbild Untersuchungsraum. a = Innerer Fjordabschnitt (Kap. 6.1) b= Ende des Fjordes (Kap. 6.2)  
 ETM/Landsat-Aufnahme vom 05.07.1999 (Eigene Bearbeitung; Quelle: GLCF)



„Since East Greenland is not easy to reach and since the return of a condition of ice blockade may prevent any access at all for a period of years, I have thought it best to reproduce an exceptionally large number of my photographs. I have thought to bring East Greenland before the eyes of the specialist and of all interested persons, and to do so in a form that reflects both the beauty of the region and its scientific importance.” (BOYD 1935: 56)

Das Satellitenbild zeigt die stark vergletscherte Hochgebirgsregion am östlichen Rand des Inlandeises. Es handelt sich um isolierte Eiskuppen (vgl. Abb. 8, S. 25) die nicht mit dem Inlandgletscher in Verbindung stehen. Ausnahmen stellen die mächtigen Eisströme der Auslassgletscher dar, also der Nordenskiöld-, Jaette- und De Geer-Gletscher.

Die Dimensionen der tief in das kaledonische Grundgebirge eingeschnittenen Fjorde des Kejser Franz Josephs Fjordes und des Eisfjordes werden mit den Worten des historischen Expeditionsberichtes, der Grundlage für die Untersuchung ist, beschrieben und – wenn auch rein subjektiv – mit der Schiffsgröße verglichen: „Its granite face forms an almost sheer precipice 6000 feet (1830 meters) high. Our ship seems like a mere speck against this monstrous wall” (BOYD 1935: 27).

Die sieben Bildpaare bieten durch ihre verschiedenen Lagen im Raum die Möglichkeit zur Betrachtung der verschiedenen Einflüsse von Exposition, unterschiedliche Morphologie der Gletscher und ihrer Umgebung und Lage innerhalb der veränderlichen lokalen Verhältnisse.

Der Fjord wurde 1870 von JULIUS PAYER (1841-1915) entdeckt und auf Anfrage des Geographen AUGUST PETERMANN (1822-1878) kam es noch im selben Jahr zur Namensgebung, wie dem *Wiener Lokal Anzeiger* vom 21. Oktober 1870 zu entnehmen ist: „Se. Majestät der Kaiser hat, wie gemeldet wird, dem Ansuchen des Urhebers der deutschen Nordpol-Expedition, Herrn Petermann in Gotha, das werthvollste Entdeckungsobject, ein großer vielleicht ganz Grönland durchschneidender Fjord, unterm 73. Grad nördlicher Breite gelegen, den Namen 'Kaiser-Franz-Joseph-Fjord' führe, gern willfahrt“ (KRAUSE/AWI 1992: 208f). Reaktionen von Zeitgenossen sind überliefert, die sich darüber „kopfschüttelnd bis ärgerlich“ (ebd.) geäußert haben und auch der Polarforscher CARL KOLDEWEY (1837-1908) schrieb: „Man solle Petermann mitteilen, daß er in Zukunft »solche Geschichten« vermeiden möge wenn er sich nicht Unannehmlichkeiten aussetzen wolle“ (ebd.).

In der vorliegenden Arbeit wird die in den Karten und (auch deutschsprachiger) Literatur verwendete dänische Schreibweise benutzt und der *Kaiser* tritt daher als *Kejser* auf.

## 6 Bildvergleiche von Gebirgs-gletschern in Nordostgrönland

### 6.1 Kar-, Tal- und Hängegletscher im inneren Kejsler Franz Josephs Fjord

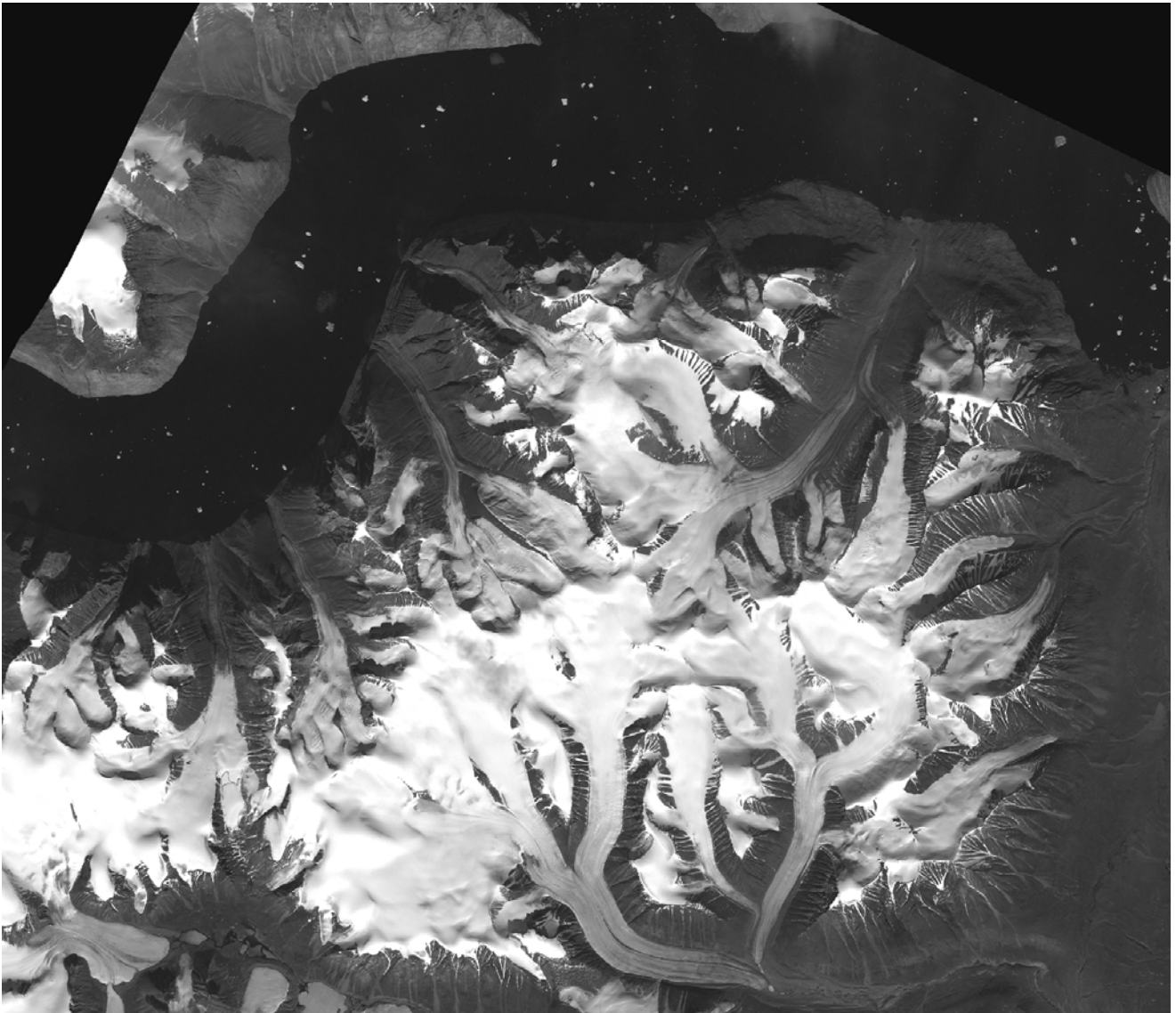


Abb. 21: Innerer Kejsler Franz Josephs Fjord.

ETM/Landsat-Aufnahme vom 12.07.2001 (Quelle: GLCF)

Das Satellitenbild des nördlichen Suess-Landes mit dem Kejser Franz Josephs Fjord, in den am oberen Bildrand der Eisfjord einmündet, zeigt den in der Abb. 20 (S. 50) markierten Bereich einer großräumigeren Aufnahme. Aus Gründen besserer Lichtverhältnisse und für einen Vergleich der Eissituation stammt dieser Ausschnitt aus einem anderen Satellitenbild. Da beide Aufnahmen zur gleichen Jahreszeit aufgenommen wurden lässt sich anhand des Vergleiches sehr deutlich die mehrfach erwähnte Veränderlichkeit der Eisverhältnisse in den Fjorden erkennen. Während die Aufnahme vom 5. Juli 2001 (Abb. 20) ein dichtes Eisfeld im Kejser Franz Josephs Fjord zeigt (welches höchst wahrscheinlich für Schiffe unpassierbar war), sind auf der obigen Aufnahme vom 05.07.1999 nur einzelne Eisberge im Fjord zu erkennen. Eine starke Veränderlichkeit der Eisverhältnisse im Zusammenhang lokaler und globaler Prozesse wurde erwähnt auch schon in historischen Berichten geschildert. Anschaulich zeigt dies auch der Bildvergleich der *Gletscher am Eingang des Kjerulf Fjordes* (Kap. 6.2.1).

Dieser Bereich um die 2320m NN hohe Payer-Spize mit den vom Inlandeis isolierten Eiskuppen (vgl. zur Lage in Grönland und bezüglich des Inlandeises Abb. 8, S. 25) zeigt aufgrund der höheren räumlichen Auflösung wesentlich besser die im großräumigeren Überblick (Abb. 20) erwähnten Kargletscher, Gletscherzungen und Talgletscher. Auffällig ist, dass auch bei näherem Einzoomen in den im Folgenden wiedergegebenen Ausschnitt nur geringer, aber kein ausgeprägter glazialer Schmelzwasserfluss oder deutliche –rinnen zu sehen ist. Die Gletscher können damit klar den in dieser arktischen Region zu erwartenden kalten Gletschern zugeordnet werden. An den untersuchten Gletschern sind teilweise schon auf dem Satellitenbild die Seiten- und Endmoränen zu erkennen, die bei weiterem Einzoomen im folgenden Kapitel noch genauer betrachtet werden.

### 6.1.1 Nordexponierte Kargletscher der Fjordwand des Suess Landes (1933 und 2006)

Die Aufnahmen zu diesen Gletschern sollen im Folgenden ausführlich behandelt werden. Durch einen Zusammenschritt der historischen und der rezenten Aufnahme werden grobe Proportionsmessungen vorgenommen und zur Ergänzung des Bildvergleiches werden mittels Satellitenbilder die auf den Bildern abgebildeten Gletscher nicht nur horizontal, sondern auch vertikal betrachtet.

#### 6.1.1.1 Historische Aufnahme der Kargletscher des Suess Landes (1933)



Im Expeditionsbericht finden sich Ergänzungen zu dieser Aufnahme:

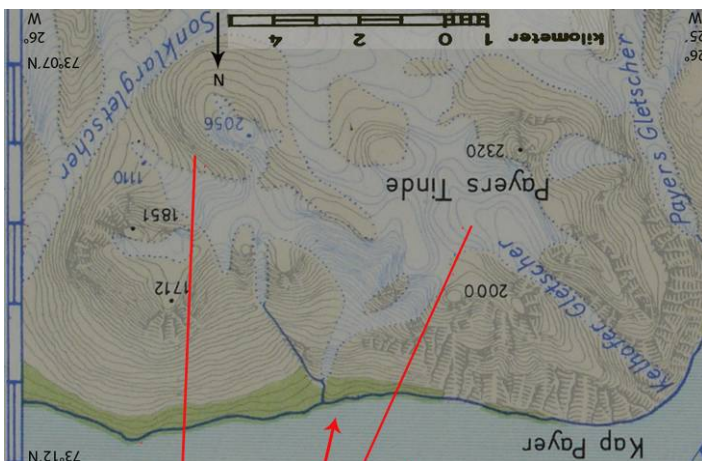
„On the south side of the fiord in Suess Land west of the entrance to Ice Fiord two tributary glaciers are seen, heading in well developed cirques. One senses the approach toward the inland ice and the great mountain ranges that border it. Below, far beneath the surface of the water, soundings show another 2400 feet (730 meters) before the ground level of the canyon is reached” (BOYD 1935: 27).

“Suess Land (south wall of Keiser Franz Joseph Fiord) west of the entrance to Ice Fiord. The mountains rise about 1600 meters above sea level”.

Abb.22: Fjordwand des Suess Landes (Größe der Vorlage) BOYD 1935:23

Neben der Beschreibung der Gletscher und der steil aufragenden Gebirgsformation des extremen Reliefs ist besonders die Tiefenangabe beachtenswert, da die Werte mit für damalige Verhältnisse neuartigen und aufwendigen Echolotmessungen während der Expedition ermittelt wurden. Sie veranschaulichen die Weiterführung des Reliefs von den Bergen bis in die tiefen Fjorde und liefen Daten über Prozesse der glazialen Formung.

Im Vergleich mit der topographischen Karte wird die Lage der Gletscher im Raum ersichtlich. Es handelt sich um eigene, vom Inlandgletscher unabhängige Gletscher, die von einem Plateaugletscher des 2320 m NN hohen Payer-Berges und aus einem Kar nach Norden hin abfließen.



Karte 2: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte (GIC 1974+ eigene Bearbeitung)

### 6.1.1.2 Rezente Aufnahme der *Kargletscher des Suess Landes* (2006)

Die Aufnahme ist die Grundlage für den Zusammenschnitt der historischen und rezenten Aufnahmen (Kap. 6.1.1.4). Die farbige Wiedergabe bietet zudem einen Vergleich mit demselben Bild in schwarz-weiß hinsichtlich der Interpretationsmöglichkeiten.



Abb.23: Kargletscher und Gletscherzunge im Norden des *Suess Landes* Foto: BERG 2006

Aus dem markanten Kar in der linken Bildhälfte reicht die Gletscherzunge des Kargletschers bis oberhalb einer gut ausgebildeten Seiten- bzw. Endmoräne. Auf dem Gletscher selber sind keine deutlichen Spuren von Gesteinsschutt sichtbar jedoch – vornehmlich beim starken Einzoomen – gut ausgebildete Schmelzwasserrinnen zu erkennen.

In der Bildmitte ist besonders die weit hinabreichende Gletscherzunge auffällig. Sie ist nahezu frei von Gesteinsmaterial, ebenso ist keine Seiten- oder Endmoräne zu erkennen. In ihrem Strombett deuten hellere Farben oberhalb des Gletschers – vermutlich wegen zerriebenem, feinerem Gesteinsmaterial als Grund- und Seitenmoräne – auf höhere Gletscherstände in der Vergangenheit hin. Unterhalb der Gletscherstirn ist eine vom subglazialen Schmelzwasser gebildete Rinne zu sehen. Der Grat zwischen den beiden Karen rechts oberhalb der Gletscherzunge ist völlig eisfrei, auch unterhalb des Grates befindet sich eine große eisfreie Fläche.

Besonders in der Nähe des Meeresspiegels befinden sich tief eingeschnittene Täler, die hohe Erosionskräfte anzeigen.

Insgesamt sind nur sehr wenige Sedimentakkumulationen zu sehen. Es ist keine höherwüchsige Vegetation erkennbar. Hier reicht die baumlose, subalpine Region bis zum Meeresspiegel herab.

### 6.1.1.3 Bildvergleich der *Kargletscher des Suess Landes* (1933 und 2006)



**29. Juli 1933:** “*Suess Land (south wall of Franz Joseph Fiord) west of the entrance to Ice Fiord. The mountains rise about 1600 meters above sea level*”. Foto: LOUISE A. BOYD 1933



**13. Aug. 2006:** Blickrichtung nach Südsüdwest von Bord der DAGMAR AAEN auf der Position  $\varphi: 73^{\circ} 13,23' N, \lambda: 026^{\circ} 08,69' W$  um 20:09 Uhr Foto: MATTHIAS BERG 2006

Abb. 24: Bildvergleich *Kargletscher des Suess Landes*

Deutlich ist der Rückgang der Gletscher auf dem aktuellen Foto gegenüber der historischen Aufnahme zu erkennen. Besonders die Gletscherzunge auf der rechten Seite des Bildes sowie der Bereich unterhalb des Kammes zeigen den Massenverlust an.

Auf den ersten Blick nicht ganz so stark fällt der Rückzug des Kargletschers der linken Bildhälfte auf, doch zeigt die dort gut ausgebildete Seitenmoräne, dass der Gletscher über längere Zeit in der Position von 1933 gelegen haben muss. Die Seitenmoräne überragt den Gletscher etwas und zeigt damit an, dass bereits zur Zeit der historischen Aufnahme ein leichter Gletscherrückgang erkennbar ist. Die maximale Ausdehnung fällt demnach in die Zeit des Gletscherhöchststandes für Grönland, der auf 1920 datiert wird (FRISTRUP 1952).

Der Schatten des Berggipfels in der rechten Bildhälfte zeigt in beiden Aufnahmen in dieselbe Richtung und gibt damit – ähnlich einer Sonnenuhr – eine Übereinstimmung der Aufnahmezeiten an. Die längere Ausdehnung auf der Wiederholungsaufnahme ist bedingt durch den niedrigeren Sonnenstand zwei Wochen später im Jahr.

Der Vergleich der Ansicht der Fotos mit der Aufsicht über das Satellitenbild zeigt sich zusätzlich noch die Struktur des Einzugsgebietes der Gletscher. Deutlich er-



Abb.25: ETM/Landsat-Satellitenbild vom 12. Juli 2001 zum "Suess-Gletscher". Ausschnitt etwa entsprechend der Aufnahme von BOYD (1933) (Eigene Bearbeitung, Quelle: GLCF)

kennbar ist zunächst, dass der in der linken Bildhälfte erkennbare Kargletscher komplett autonom ist und mit keinem anderen Gletschersystem in Verbindung steht. Die Gletscherzunge stellt einen Zusammenfluss von zwei Kargletschern größerer Einzugsgebiete dar, ihre Seitenmoränen zeigen deutlich den früheren Gletscherhöchststand an.

#### 6.1.1.4 Zusammchnitt der Bilder zu den *Kargletschern des Suess Landes*

Zum methodischen Vorgehen des folgenden Zusammchnittes siehe Kapitel 4.3.

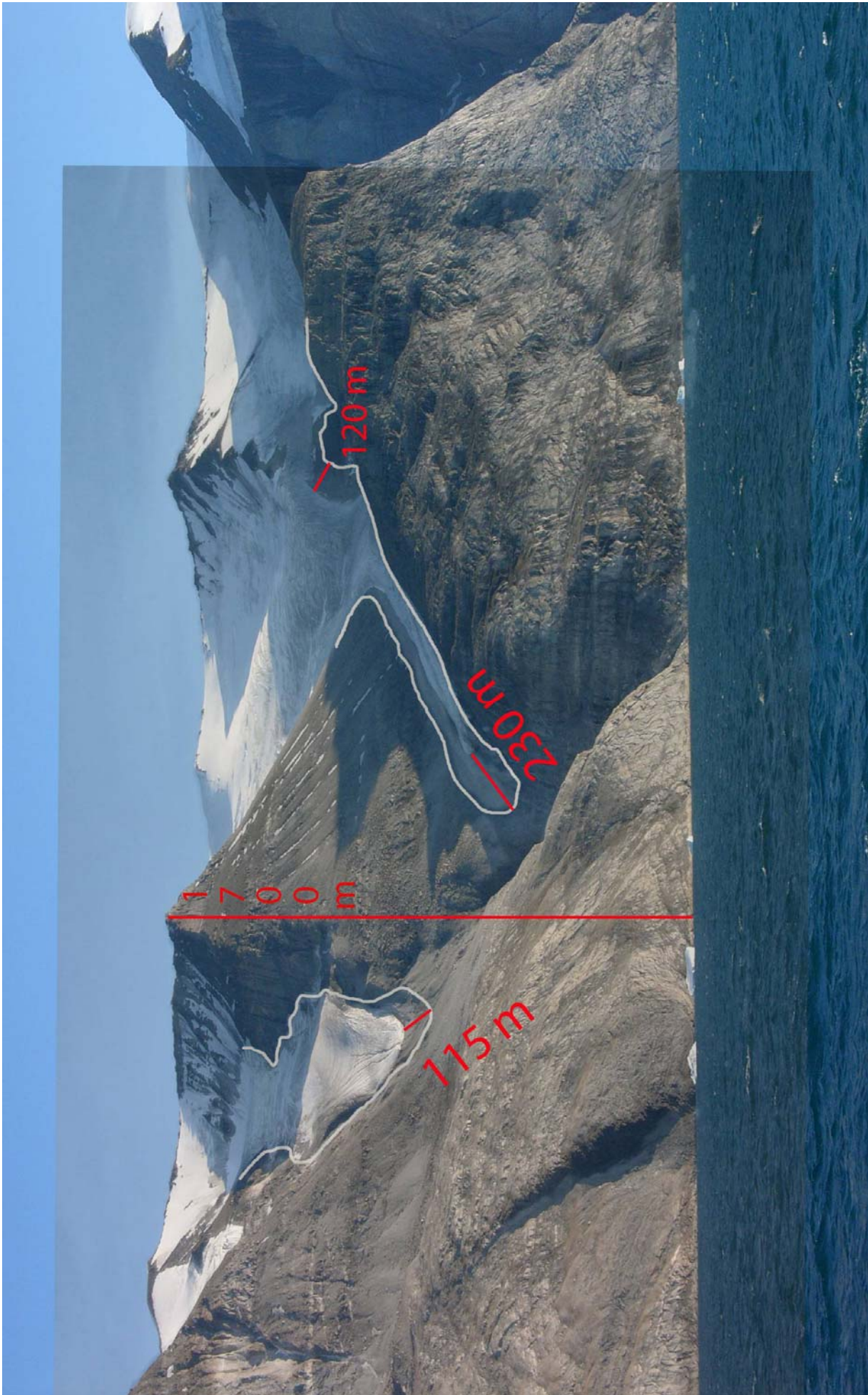
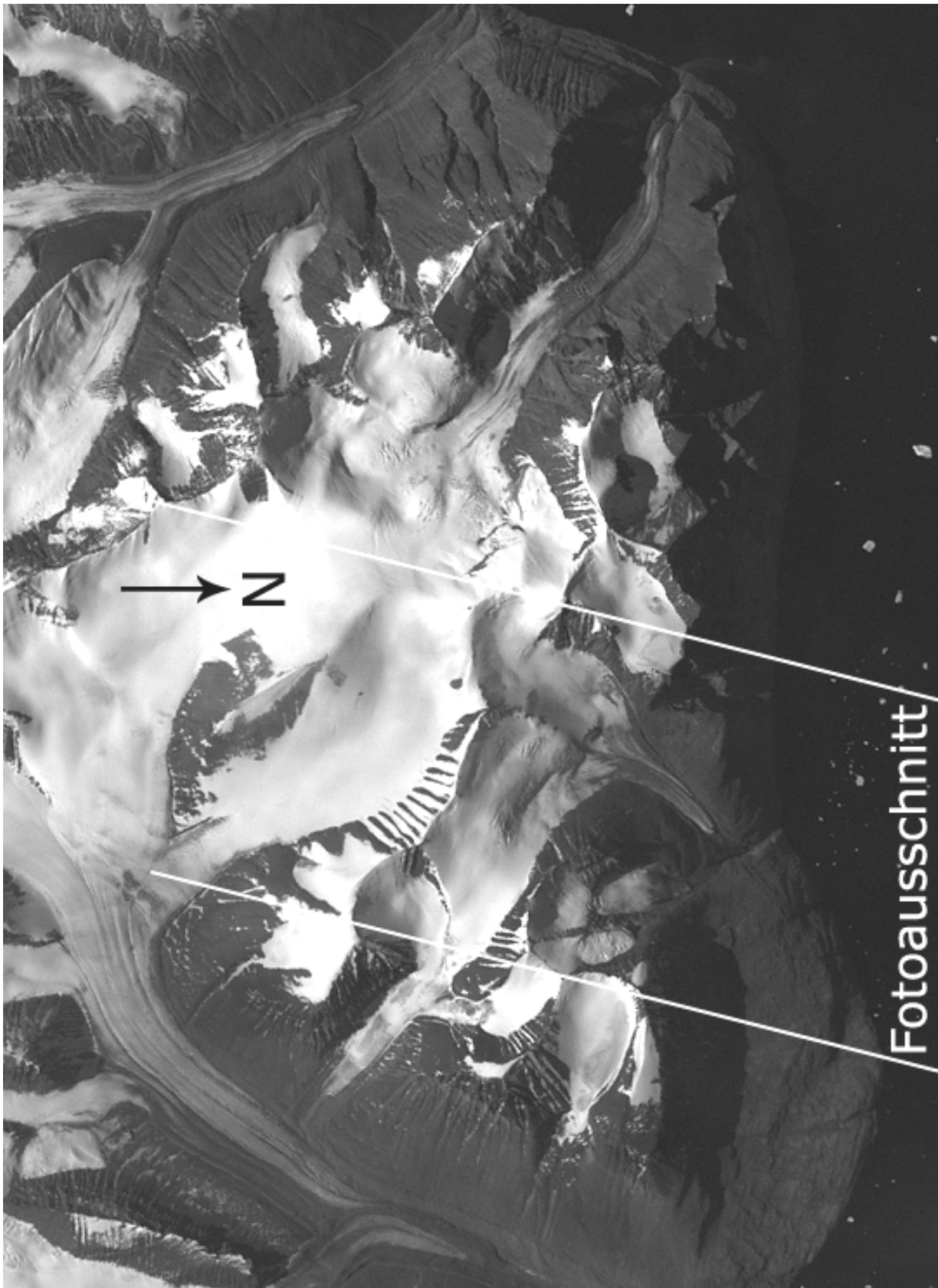


Abb.26: Bildvergleich mit Größenangaben

(BOYD 1935/BERG 2006, eigene Zusammenstellung)



6.1.1.5 Die *Kargletscher des Suess Landes* im Satellitenbild



(Quelle: GLCF)

Abb.27: Landsat-Satellitenbild vom 12. Juli 2001 zu den Kargletschern des Suess Landes

**6.1.2 Bildvergleich des ins Meer fließenden *Borggletschers* (1931 und 2006)**

**29. Juli 1931:** Northwestern Sues Land (south wall of Franz Joseph Fiord). [...] The mountains are about 1800 meters high.”

Foto: LOUISE A. BOYD 1931



**15. Aug. 2006:** Blickrichtung nach Südwesten von Bord der DAGMAR AAEN auf der Position  $\varphi$ : 73° 08,74' N,  $\lambda$ : 026° 40,30' W, um 09:40 Uhr

Foto: MATTHIAS BERG 2006

Die historische Aufnahme zeigt den in einem engen Tal zwischen zwei hoch aufragenden Bergen nach Norden hin abfließenden *Borggletscher*, dessen Kalbungsfront am Meer liegt. Die Höhe der Berge sind von BOYD (1935) mit über 1800 m angegeben, aus der topographischen Karte lässt sich erkennen, dass ihre Höhen 1990 m und 2160 m betragen.

Auffällig ist zunächst die große Ähnlichkeit der beiden Aufnahmen. So sind die auf beiden Aufnahmen deutlich erkennbaren kleinen Firn- bzw. Schneefelder in den Erosionsrinnen von sehr ähnlicher Ausdehnung, sehr markant sind dabei die Felder unterhalb der Gletscherkappe im oberen linken Bilddrittel und jenes an der steilen Bergflanke links oberhalb des *Borggletschers*.

Die hohe Übereinstimmung lässt auf grundsätzlich recht ähnliche Einflussfaktoren wie Temperatur, Windaktivitäten und Niederschlag schließen. Besonders die kleineren Schnee- und Firnfelder – der Verfasser kann den Unterschied auf die großen Entfernungen hin nicht genau bestimmen – können als relativ abhängig neben der Temperatur sowohl vom jährlichen Niederschlag als auch der Umverteilung durch Windaktivitäten angesehen werden. Zumindest für die zu vergleichenden Jahre 1933 und 2006 kann aufgrund dieser Interpretation von einer solchen Ähnlichkeit ausgegangen werden.

Im Vergleich der Höhe der Gletscheroberfläche zeigt sich, dass die Dicke des Talgletschers abgenommen hat. An der Seitenmoräne der rezenten Aufnahme lässt sich der historische Gletscherstand gut erkennen.

Auch hier zeigen die ähnlichen Lichtverhältnisse und der Schattenwurf an, dass die Wiederholungsaufnahme etwa zur gleichen Tageszeit wie das historische Foto aufgenommen wurde.



Karte 3: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte (GIC 1974+ eigene Bearbeitung)

### 6.1.3 Bildvergleich *Fjordwand des Fraenkel Landes (1933 und 2006)*



**05. Aug. 1933** Fraenkel Land (north wall of Franz Joseph Fjord). Hanging glacier with avalanche ice and looped moraine to the east of Ättestupan. Foto: LOUISE A. BOYD 1933

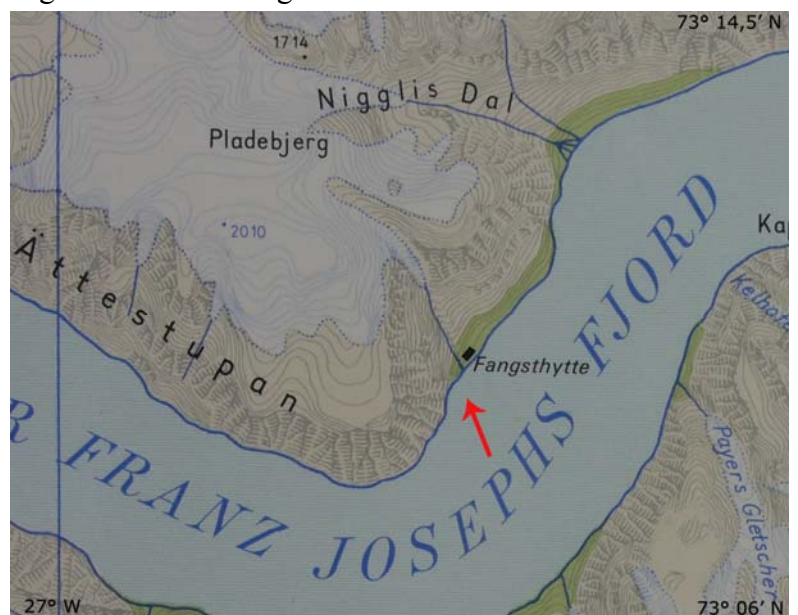


**15. Aug. 2006** Blickrichtung nach Nordnordwest von Bord der DAGMAR AAEN auf  $\varphi: 73^{\circ} 09,5' N$ ,  $\lambda: 026^{\circ} 37,1' W$ , um 09:48 Uhr Foto: MATTHIAS BERG 2006

Auf den Aufnahmen ist eine südostexponierte, aus etwa 1300m NN herabhängende kleine Gletscherzunge sowie ein Wasserfall des aus dem Gletscher austretenden Schmelzwassers deutlich zu erkennen. Ein unterhalb anschließender Bereich zeigt eine Eisfläche, die größtenteils aus Gletscherbruch und gefrorenem Schmelzwasser bestehen müsste. An dieses schließt sich in dem Bereich bis zum Meeresspiegel ein mächtiges Moränenfeld an. Besonders der untere Bereich zeigt mit ausgeprägten Kämmen in den Schuttablagerungen zwei Seitenmoränen an. In der Mitte des Moränenfeldes deutet die Form auf einen vom Schutt bedeckten Kern aus massivem Gletschereis hin. Da auch im Rahmen einer glazialgeomorphologischen Untersuchung geäußert wurde, dass „es meist schwierig ist, zwischen gefrorenem Schutt und schuttbedecktem Toteis eine Unterscheidung zu treffen“ (KING & HELL 1993: 22), gilt dies in noch wesentlich gesteigertem Maße für die Bildinterpretation und daher wird hier keine weitere Bestimmung unternommen.

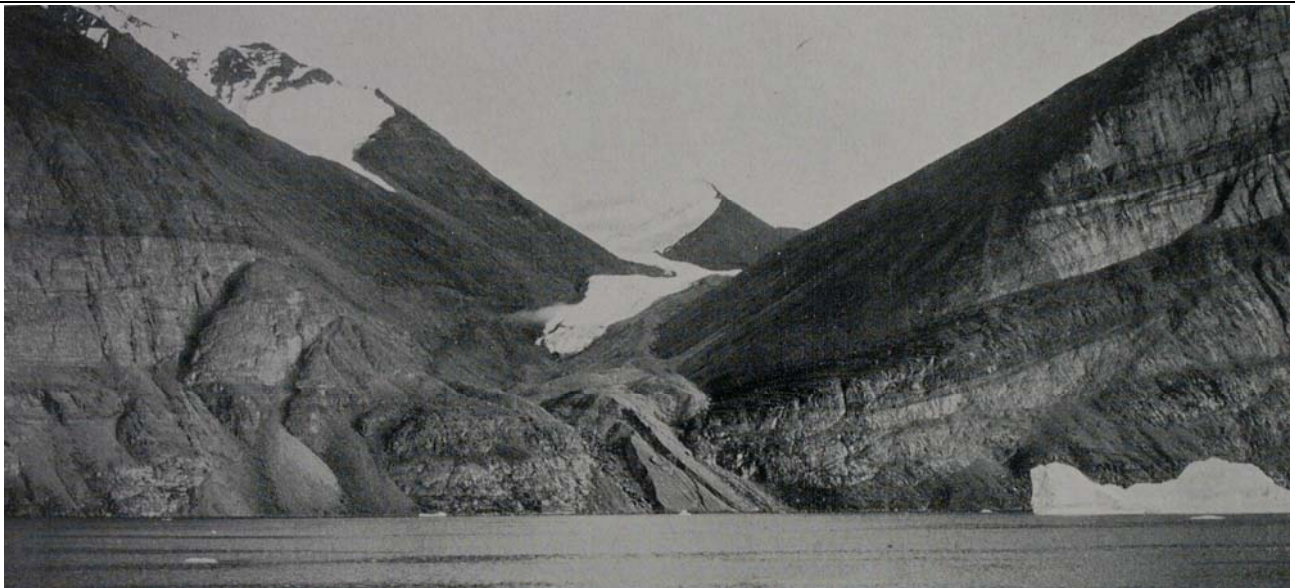
Im Bildvergleich fällt besonders der Rückgang des Gletscherbruchfeldes im unteren Bereich auf. Der Hängegletscher zeigt bei genauerer Betrachtung ebenfalls einen deutlich erkennbaren Rückgang, besonders gut ist dies an der vom Betrachter aus gesehen rechten Gletscherflanke zu erkennen. Hier ist in der rezenten Aufnahme anhand der farblichen Absetzung der ehemals höhere Gletscherstand gut sichtbar. Für eine genauere Größenabschätzung anhand der Bildvergleiche sieht der Verfasser durch zu viele Unsicherheiten hinsichtlich der exakten Abgrenzung und einer schweren Bestimmbarkeit des genauen Aufnahmewinkels als nicht sehr sinnvoll an.

Da bei gleichen Bedingungen auch keine großen Veränderungen des aus Gletscherbruch und erneut gefrorenem Schmelzwasser bestehenden Bereiches zu erwarten wären, deutet dieser Rückgang auf einen Anstieg der Temperatur mit deutlichen Auswirkungen auf diese südostexponierte Lage hin. Doch kann dieser Rückgang auch stark auf mögliche Schwankungen der Eis- und Schmelzwasseraktivitäten zurückzuführen sein. Die topographische Karte zeigt an, dass dieser Hängegletscher im Randbereich eines mächtigen Gletscherfeldes um den 2010m NN hohen *Pladebjerg* liegt und daher eine große Abhängigkeit von möglichen Veränderungen dieses Plateaugletschers anzunehmen ist. Auch muss die Reaktion des Gletscherbruchfeldes als recht andersartig als die Reaktionen von kleinen Gletschern angesehen werden und kann hier nicht genauer eingeschätzt werden.



Karte 4: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte (GIC 1974+ eigene Bearbeitung)

#### 6.1.4 Bildvergleich des *Kleinen Gletschers von der Payer-Spitze* (1933 und 2006)



**1. Sept. 1933** “Suess Land (south wall of Franz Joseph Fiord). Small glacier from Payer Peak with abandoned moraine reaching nearly to sea level and trenched outwash fan at the fiord edge.”

Foto: LOUISE A. BOYD 1933



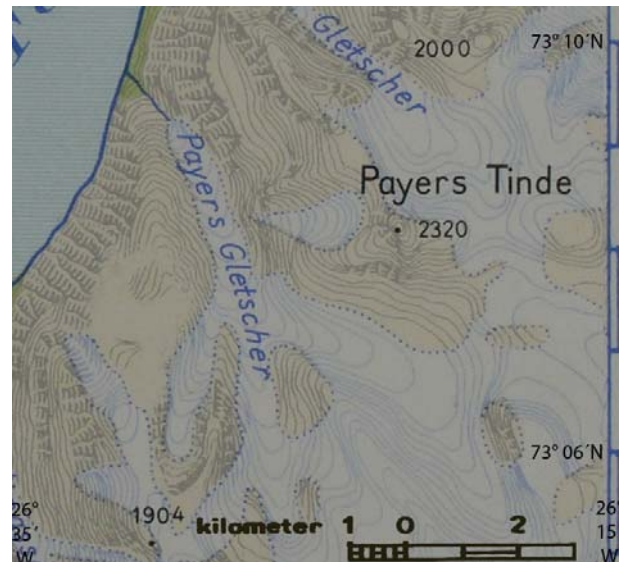
**15. Aug. 2006** Blickrichtung nach Südost von Bord der DAGMAR AAEN auf Position:  
 $\varphi$ : 73° 10,57' N  $\lambda$ : 026° 32,33' W, um Zeit: 11:53 Uhr

Foto: MATTHIAS BERG 2006

Abb. 30: Bildvergleich "Small glacier in Suess Land"

Die Aufnahmen zeigen einen kleinen Gletscher, der in einem Tal an der Westflanke des 2320 m NN hohen Payers Tinde (Payer-Spitze) nach Nordnordwest abfließt. BOYD weist auf die verlassene Moräne hin, die bis dicht an den Meeresspiegel heranreicht.

Die deutlich ausgeprägten Moränenstruktur mit einer weit über dem auf den Bildern erkennbaren Gletscherstand liegenden Seitenmoränen und einer ausgeprägten Endmoräne – soweit erkennbar könnte es sich um eine Stauchendmoräne handeln – zeigt die ehemals wesentlich größere Ausdehnung des Gletschers an. Auf der historischen Aufnahme ist kein Schmelzwasserabfluß, auf der rezenten jedoch ein deutlicher Wasseraustritt



Karte 5: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte (GIC 1974+ eigene Bearbeitung)

aus dem Gletscher erkennbar. Doch hier spielen neben der Wiedergabequalität vor allem auch die stark abweichenden Lichtverhältnisse eine entscheidende Rolle, da das Gegenlicht der Wiederholungsaufnahme die Wasserflächen deutlich hervorhebt – so auch eine wassergefüllte Abflussrinne am Rand der Seitenmoräne.

Die Aussagemöglichkeiten über die erkennbaren Veränderungen des Gletschers sind in diesem Bildvergleich durch die stark abweichenden Lichtverhältnisse sehr eingeschränkt. Jedoch bietet diese Bildpaar eine gute Möglichkeit, um auf methodische Schwierigkeiten bei der Aufnahme von Wiederholungsaufnahmen einzugehen.

Neben den Lichtverhältnissen ist als weitere Einschränkung und besondere Anforderung an die hier wiedergegebenen Bildvergleiche die Abhängigkeit von der Eissituation zu nennen – wie dies in der



Beschreibung der Primärdatensammlung Abb.31: Eisberg im Fjord

Foto: BERG 2006

am Anfang dieses Kapitels erwähnt wurde. Die obige Abbildung zeigt, dass während der Fahrt der Blick auf die historischen Bilder oftmals durch Eisberge verstellt war – im Hintergrund ist der Gletscher des Bildvergleiches zu erkennen. Mit viel Glück war jedoch keine der in diesem Fjordabschnitt möglichen Wiederholungsaufnahmen beim Erreichen der weitestgehend angenäherten Perspektive der historischen Aufnahmen verstellt.

## 6.2 Gletscherzungen und Auslassgletscher am Ende des Keiser Franz Josephs Fjordes



Abb.32: Westliches Ende des Keiser Franz Josephs Fjordes. Als Aufnahmerichtungen sind eingezeichnet: e=Eingang des Kjerulf Fjordes; f=Gletscherzungen des Riddar-Tales; g=Nordenskiöld-Auslassgletscher (GLCF)



Das Satellitenbild zeigt den westlichen Anfang des Kejsler Franz Josephs Fjordes. Im oberen Bild-drittel ist mit der Kalbungsfront des Nordenskiöld-Gletschers das westliche Ende des Fjordes gut zu erkennen. In der rechten Bildhälfte mündet der von Süden kommende Kjerulf-Fjord in den Hauptfjord ein.

Die großräumigere Abb. 20 (S.50) – von der dieses Bild einen Ausschnitt ist – zeigt sehr deutlich, dass es sich auch bei dem mächtigen Gletscherfeld im linken unteren Bildteil um eine isolierte, nicht mit dem Inlandgletscher verbundene Eiskuppe handelt. Im Norden dieses Zusammenschlusses von Gletschern sind deutlich ausgeprägte Kargletscher mit den in die Täler reichenden kleineren Auslassgletschern zu erkennen. Auffällig ist am linken Bildrand ein längerer Gletscherstrom, der im Nordenskiöld-Gletscher mündet. Dieser Auslassgletscher des Inlandeises führt zwei als dunkle Bänder gut erkennbare Mittelmoränen mit, die den Zusammenfluss mehrerer Gletscherströme anzeigen. Einer dieser Zusammenflüsse lässt sich auf den Bildern des Bildvergleiches zum Nordenskiöld-Gletscher erkennen (Kap. 6.2.3).

Die in Kapitel 3.1.2 durch Untersuchungen mittels Fernerkundungsdaten an Auslassgletschern im südöstlichen Grönland eingegangen. Die enorme Dynamik an der Kalbungsfront dieser mächtigen

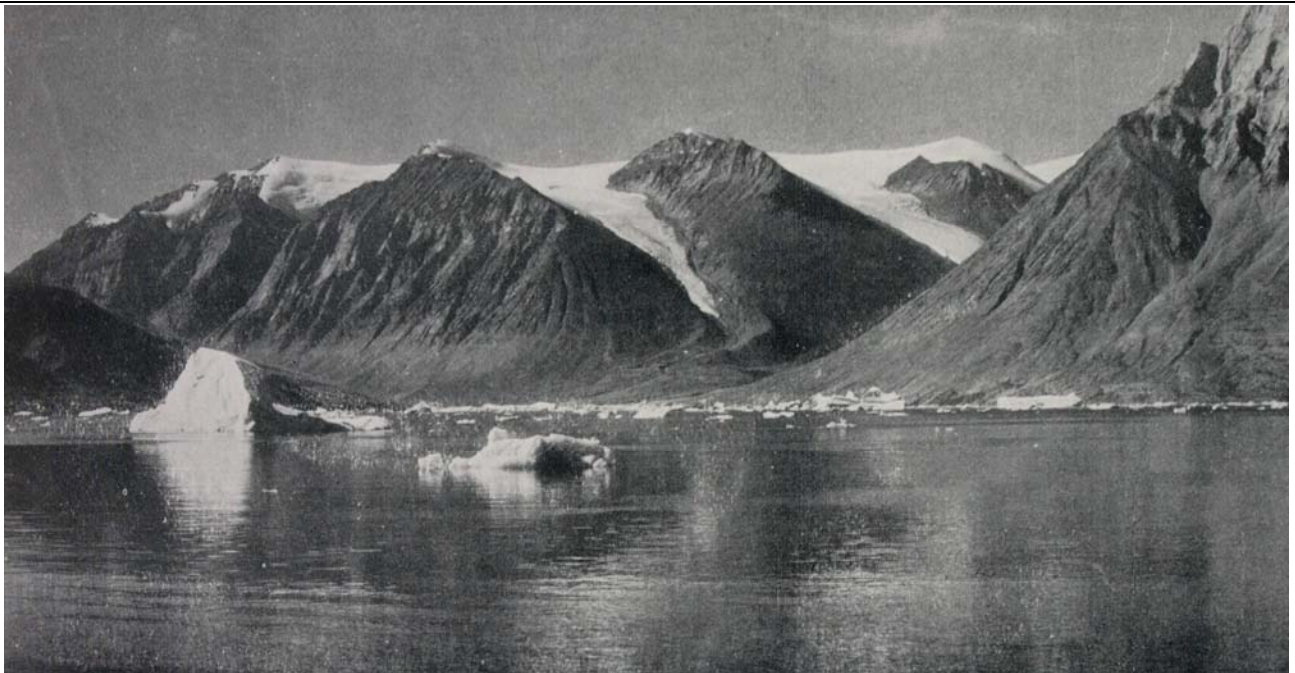
Eisströme zeigt sich dort an den Fließgeschwindigkeiten von 5-14 km/a, während an dem Daa-gaard-Jensen Gletscher in Nordostgrönland die Fließgeschwindigkeit knapp 4 km/a beträgt (RIGNOT et al. 2006). Die Luftaufnahme zeigt die Gletscherstirn des De Geer Gletschers, der in den Eisfjord von Norden her einmündet (vgl. Abb. 20). Die enorme Menge der beim Kalben des Gletschers entstandenen Eisberge ist eindrucksvoll zu erkennen.



Abb.33: Kalbungsfront des De Geer Gletschers

(Alean & Hambrey 1994: 37)

### 6.2.1 Bildvergleich der *Gletscher am Eingang des Kjerulf Fjordes (1931 und 2006)*



**30. Juli 1931** Entrance of Kjerulf Fjord from Franz Joseph Fjord. Riddarborgen is on the extreme right.  
Foto: LOUISE A. BOYD 1931



**14. Aug. 2006** Blickrichtung SW von  $\varphi: 73^{\circ} 09,10' N$   $\lambda: 027^{\circ} 11,82' W$  um 14:03 Uhr  
Foto: MATTHIAS BERG 2006

Abb.34: Bildvergleich "Kjerulf Fjord"

Die Aufnahmen zeigen einen Blick nach Südwesten in die Einmündung des Kjerulf-Fjordes in den Keiser Franz Josephs Fjord mit einer sehr markanten Gletscherzunge in der Bildmitte. Es handelt sich hierbei um einen kleinen Auslassgletscher von einer anhand der topographischen Karte und dem Satellitenbild in seiner großen Ausdehnung erkennbare Plateauvergletscherung.

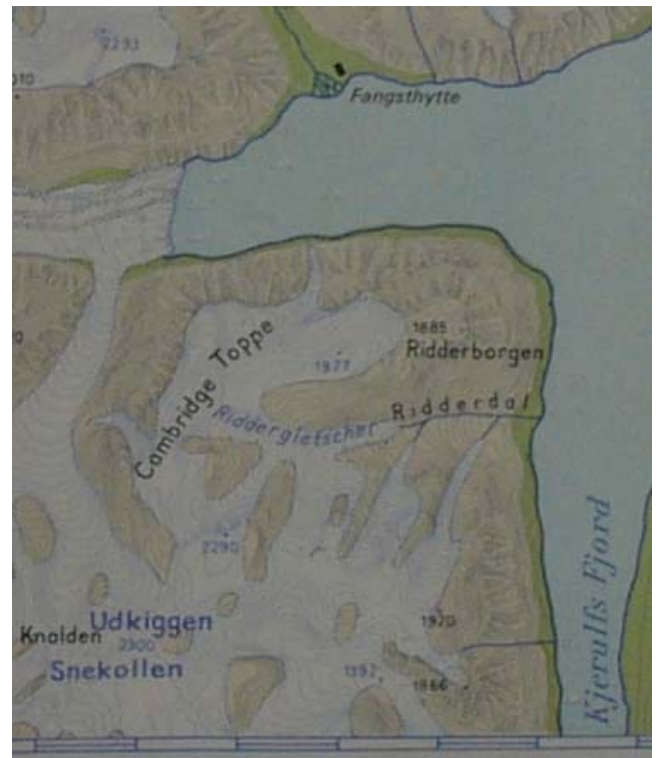
Sehr auffällig sind die bogenförmigen Seitenmoränen unterhalb der Gletscherzunge, die wiederum einen in der Vergangenheit wesentlich höheren Gletscherstand anzeigen.

Die Berge sind frei von Schnee- oder Firnfeldern.

Im Bildvergleich ist die nahezu gleichartige Länge des Gletschers auffällig. Die vorderste Spitze reicht auf der historischen Aufnahme etwas weiter ins Tal hinab, jedoch weist die Gletscherzunge der rezenten Aufnahme im unteren Bereich eine größere Mächtigkeit auf. Doch auch hier können die Aussagen nur qualitativ abschätzend sein und es kann lediglich möglichst genau beobachtet werden.

Bei der vergleichenden Bildinterpretation fällt stark die veränderte Eissituation auf. Auch wenn auf der rezenten Aufnahme ein größerer Eisberg als auf dem historischen Foto zu sehen ist, so findet jedoch das Aufkommen von kleineren Bruchschollen auf der Wiederholungsaufnahme keine Entsprechung in der Aufnahme von 2006. Dieses Foto zeigt den Fjord – abgesehen von dem von der Abbruchkante des Nordenskjöld-Gletschers stammenden Eisberg – nahezu eisfrei.

Von einem durch diese veränderte Eissituation nahe liegenden Rückschluss auf eine grundsätzliche Veränderung sollte jedoch abgesehen werden. Denn während der Fahrten durch die Fjorde zeigte sich eine sehr unterschiedliche Eissituation, da sich teilweise in kurzer Zeit und auf kurzer Distanz das Eis aufkommen stark veränderte. Gestützt wird diese Beobachtung durch die Beschreibungen in den Expeditionsberichten, die im folgenden Kapitel dargestellt werden. Auch ein Vergleich des auf Satellitenbildern erkennbaren Eises zeigt sehr unterschiedliche Eisfelder innerhalb weniger Jahre an (vgl. Kap 6.1).



Karte 6: Lage der Gletscher auf der topogr. Karte (GIC 1974+ eigene Bearbeitung)

### 6.2.2 Bildvergleich von *Gletscherzungen des Riddar-Tales (1933 und 2006)*



**06. Aug. 1933** "Riddar Valley, west side of Kjerulf Fiord near Riddarborgen. Recent shrinkage of the small glacier on the left is shown by the abandoned moraine and by the unmantled steep slopes along the glacier."  
Foto: LOUISE A. BOYD 1933



**15. Aug. 2006** Blickrichtung SW von Position:  $\varphi$ :  $73^{\circ} 05' 84''$  N  $\lambda$ :  $027^{\circ} 18,42'$  W  
Foto: MATTHIAS BERG 2006

Abb.35: Bildvergleich "Riddar Valley"

Die Aufnahmen geben einen Ausschnitt aus der vorherigen Ansicht wieder. Dieser Bildvergleich ermöglicht neben der Ausschnittsvergrößerung auch das Aufzeigen von methodischen Problemen.

Auffällig ist auch hier wiederum die nahezu gleiche Länge der linken Gletscherzunge (die auch in der vorherigen Aufnahme zu sehen war) und ebenso auch des Gletschers rechts im Bild. Dieser Gletscher ist sowohl auf der historischen als auch auf der rezenten Aufnahme frei von Gesteinschutt. Auf der Wiederholungsaufnahme deuten die anhand der helleren Färbung im Umfeld der Gletscherstirn erkennbaren Veränderungen der Erdoberfläche einen höheren Gletscherstand an.

Anhand des hinter dem Kamm am rechten oberen Bildrand hervorragenden Berges ist zu erkennen, dass der historische Aufnahmepunkt nicht ganz genau getroffen wurde. Doch können aufgrund der hohen Übereinstimmung trotzdem einzelne Bereiche genauer verglichen und die Gleichartigkeit oder die Unterschiede interpretiert werden. Dabei ist die leichte perspektivische Verschiebung zu beachten. So ist bei genauer Betrachtung der Gletscherzunge inmitten der Moränenzüge auf der historischen Aufnahme zu erkennen, dass der vorderste Bereich (wahrscheinlich) verdeckt ist. Dies ändert zwar nichts an der bereits aus den vorherigen Aufnahmen erkennbaren ähnlichen Länge der Gletscherzunge, hat jedoch Einfluss auf eine qualitativ abschätzende Interpretation.

Auffällig an den gebogenen Seitenmoränen ist, dass hier die von FRISTRUP (1952) an vielen Gletschern in Nordostgrönland festgestellten zweifachen Moränensysteme gut erkannt werden können. In der Wiederholungsaufnahme setzt sich die innere Seitenmoräne mit hellerem Grauton stark ab. Es gab demnach zwei Phasen mit größerer Eisausdehnung.

Leider kann weder dem Bildvergleich noch der Literatur entnommen werden, ob das äußere Moränensystem tatsächlich den 1920er Höchststand anzeigt. Dies müsste zwar prinzipiell zutreffen, würde aber einen sehr starken

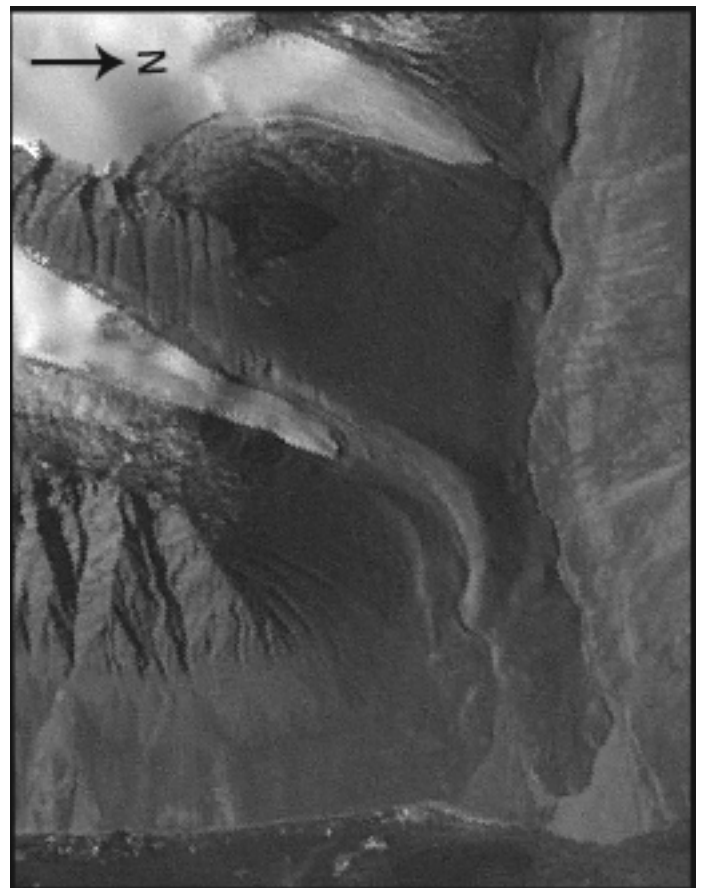
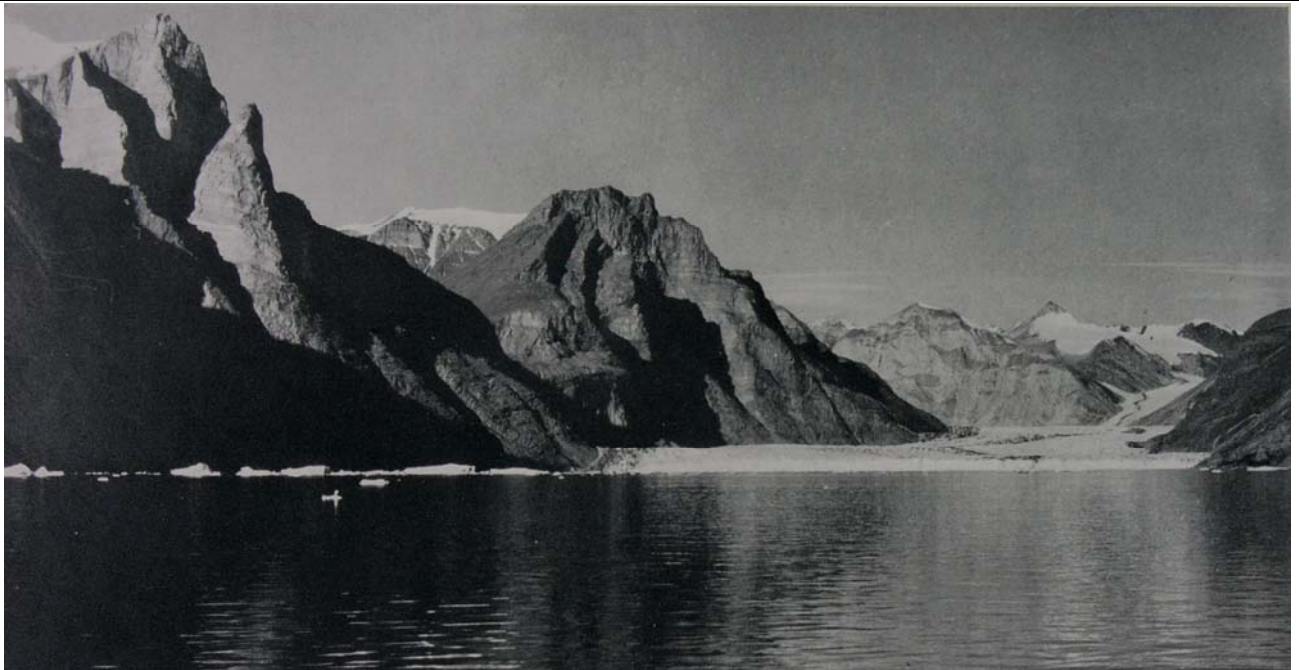


Abb.36: Satellitenbild des Riddar Valley (GLCF)

Gletscherrückgang bereits bis 1933 bedeuten, der im Gegensatz zu der in der Literatur für den Großraum beschriebenen geringen Eisdynamik stehen würde. Auch die Wiederholungsaufnahmen zeigen eher statische Verhältnisse mit Anzeichen von geringeren Veränderungen. Jedoch trifft zu, dass „nearly everywhere the glaciers showed signs of having receded“ (BOYD 1935: 29).

Im Satellitenbild sind neben den Seitenmoränen auch die deutlich ausgeprägten Schmelzwasserrinnen besonders auffällig sowie in deren Mündungsbereichen gut ausgebildete Schwemmfächer.

### 6.2.3 Bildvergleich zum *Nordenskiöld-Auslassgletscher* (1933 und 2006)



**31. Juli 1933** The inner end of Franz Joseph Fiord and the front of Nordenskiöld Glacier. To the left, the mountains of Goodenough Land, to the right, in the distance, Fraenkel Land. The prominent matterhorn beyond the glacier is Nathorst Peak (2390m) Foto: LOUISE A. BOYD 1933



**14. Aug. 2006** Blickrichtung W von Position:  $\varphi: 73^{\circ} 05' 84'' \text{ N}$   $\lambda: 027^{\circ} 18,42' \text{ W}$

Foto: MATTHIAS BERG 2006

Die historische Aufnahme beschreibt der Expeditionsbericht und liefert Angaben zur Wassertiefe:

„We had an uninterrupted view of the front of the mighty Nordenskiöld Glacier. We had now reached the end of this majestic waterway, after following its winding course fully 126 miles (200 km) from the outer coast. Even here, close to the termination of Nordenskiöld Glacier, the fiord is still very deep (1500 feet [460 m]) although the bottom rises nearly 1000 feet [300 m] between Ättestupan and the glacier's front“ (BOYD 1935: 27).

Auf dem Satellitenbild (Abb. 32, S. 66) waren die markanten Mittelmoränen als Anzeiger für den Zusammenfluss mehrerer Gletscherströme gut zu erkennen. Hier ist rechts oberhalb der Abbruchkante ein kleinerer Auslassgletscher zu erkennen, der wiederum an der am dunklen Band gut sichtbaren Mittelmoräne einen Zusammenfluss von zwei Gletscherströmen anzeigt und in den von links entlang der auffälligen Steilwand vom Inlandeis kommenden Nordenskiöld Gletscher einmündet. Auf die Höhe der im Hintergrund sichtbaren Nathorst-Spitze mit 2390 m NN weist BOYD in der Bildunterschrift hin, welches die enormen Proportionen verdeutlicht.

Im Bildvergleich zeigt sich, dass sowohl die mächtige Steilwand am Bergkamm links oberhalb der Abbruchkante des Nordenskiöld Gletschers, diese selber und auch die im Hintergrund erkennbaren Gletscherfelder keine größeren Veränderungen aufzeigen. Die Lage der Abbruchkante kann recht genau anhand der auffälligen morphologischen Strukturen an den Berghängen lokalisiert werden und zeigt sich im Vergleich nahezu an derselben Stelle.

Aufgrund der verschiedenen Lichtverhältnisse ist eine genaue Betrachtung oder weitere Ausmessung der Höhen der Gletscheroberfläche nur schwer möglich und wird daher nicht unternommen. Das Vorkommen der vom Gletscher produzierten Eisberge ist auf beiden Aufnahmen ähnlich gering bis weitestgehend nicht vorhanden. Lediglich an der vom Betrachter aus gesehen linken Fjordwand sind auf dem historischen Foto einige größere Eisbruchstücke zu sehen.

Mittels dieser Bildvergleiche lassen sich die Entwicklungen an der Front eines Auslassgletschers genau betrachten und die Veränderungen – oder die in diesem Fall vorgefundene Gleichartigkeit – über den Vergleich mit der Umgebung aufzeigen.

### 6.3 Zwischenfazit: Bildvergleiche in Nordostgrönland

Die Bildvergleiche im westlichen Bereich des Kejsers Franz Josephs Fjordes können klar einen Rückgang der Gletscher innerhalb von 75 Jahren belegen. Dabei fallen die mittels einer visuellen Interpretation an den einzelnen Gletscheraufnahmen erkennbaren Rückzüge sehr unterschiedlich aus. Die auffälligsten Veränderungen zeigen die kleinen *Kargletscher des Suess Landes* an dem östlichsten Punkt der Untersuchung mit abnehmendem Rückgang hin zu den größeren *Gletschern am Eingang des Kjerulf Fjordes* am westlichen Ende des Fjordes. Diese Gletscherzungen weisen kaum Veränderungen in ihrer Länge auf. Da es sich bei den Gletschern im Untersuchungsgebiet um unterschiedliche Gletschertypen mit stark zu differierender Größe und Form handelt, muss nochmals genauer auf die einzelnen Gletscher eingegangen werden, um sie dann in einen Kontext stellen zu können. Da bei Gletschern die Abhängigkeit im Wesentlichen von den drei Parametern Temperatur, Niederschlag und Einfluss der Morphologie gegeben ist, werden diese Einzelfaktoren bezüglich des Reaktionsverhaltens genauer betrachtet. Zur Interpretation der Veränderungen wurde neben der qualitativen Auswertung der Aufnahmen deren Bildinhalt auch durch den Einbezug von topographischen Karten beurteilt, um so die Gletscher hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von der Morphologie ihrer Umgebung und ihrer Lage im Raum zu analysieren.

In den einzelnen Bildvergleichen wurden die Veränderungen im Detail aufgezeigt, welches hier nicht wiederholt, doch zusammengefasst werden soll. Den am deutlichsten ausgeprägten Rückgang zeigen die Wiederholungsaufnahmen von kleinen Kargletschern bzw. die durch den Zusammenfluss zweier Kargletscher gebildete Gletscherzunge an, die nicht mit größeren vergletscherten Gebieten direkt zusammenhängen, wie mittels der Karten gezeigt werden kann. Im Gegensatz dazu stehen die nur gering veränderten größeren Gletscher, welche mit Gletschersystemen in Verbindung stehen. Eine Ausnahme spielten hierbei der Gletscher und das Gletscherbruchfeld der *Fjordwand des Fraenkel Landes*, welche am Rande eines mächtigen Plateaugletschers liegen. Doch bedingt durch die ausführlicher bei der Beschreibung dieses Bildvergleiches aufgezeigten Unsicherheiten und nur eingeschränkten Aussagemöglichkeiten spielt diese Aufnahme für die Gesamtbetrachtung der Ergebnisse nur eine untergeordnete Rolle. Dies gilt ebenso für die Aufnahme des *Kleinen Gletschers von der Payer-Spitze*, welche aufgrund schlechter Lichtverhältnisse und schlechter Vergleichbarkeit lediglich zur Darstellung methodischer Schwierigkeiten verwendet wird.

Kleinere Gletscher zeigen grundsätzlich schnellere Reaktionen auf Veränderungen der Parameter Temperatur und Niederschlag (HAEBERLI et. al. 2001). Wenn dies für die verschiedenen Reaktionsmuster ursächlich sein sollte, so muss davon ausgegangen werden, dass die für den Rückzug verantwortlichen Veränderungen der Parameter noch nicht sehr lange wirken und die kleinen Gletscher bereits jetzt auf die Veränderungen reagieren, welche bei größeren Gletschern erst in einigen



Jahren Auswirkungen zeigen könnten.

Da keine genaueren Temperatur- und Niederschlagsdaten vorhanden sind, lässt sich der Einfluss dieser Parameter auf die Veränderungen nicht genauer aufzeigen. Umgekehrt kann eine ausschließlich mittels Bildvergleichen durchgeführte Untersuchung nur schwerlich zum genauen Ermitteln der Temperatur- oder Niederschlagsentwicklung durch die erkennbaren Veränderungen genutzt werden, da diese Gletscherveränderungen von mehreren Parametern abhängig sind. Zumindest kann die hier durchgeführte qualitative Untersuchung dazu keine Daten liefern.

Doch auch wenn die Bildvergleiche keine Auskünfte über die Ursache des Gletscherrückganges liefern können, so bieten die qualitativ klar belegbaren Veränderungen die Möglichkeit, diese Ergebnisse in einen größeren Kontext zu stellen. Die nur gering ausfallenden Veränderungen in dieser trockenen Fjordregion passen grundsätzlich gut zu den Ergebnissen anderer Studien, die in dieser Arbeit genannt wurden. So zeigt bereits FRISTRUP (1952) die regional stark differenzierte Eisdynamik mit geringeren Veränderungen in Nordostgrönland auf, und auch aktuelle Studien bestätigen geringere Veränderungen in dieser Region (RIGNOT et al. 2006, STEARNS et al. 2007). Die Temperaturentwicklung zeigt in dieser Region nur einen leichten Anstieg (BOX 2004). Zudem zeichnen sich die Jahre der historischen Aufnahmen durch hohe Temperaturen aus – „the 1930s and 1940s represent a warm period“ (BOX 2004: 1) – so dass für die Gletscher zu dem Zeitpunkt der früheren Aufnahme bereits eine geringe Ausdehnung angenommen werden kann. BOYD beobachtete in den 1930-ern, dass „nearly everywhere the glaciers showed signs of having receded“ (1935: 29). Die aus den Messungen der Jahresmitteltemperatur von 1873-2003 in Danmarkshavn und Tasiilaq (siehe Abb. 17, S. 40) ablesbare zwischenzeitliche Abkühlung kann durchaus eine größere Gletscher- ausdehnung in der Zwischenzeit verursacht haben – dann wäre der jetzt erkennbare Gletscherrückgang das Ergebnis einer erst vor kurzem einsetzenden Entwicklung. Über die zwischenzeitliche Gletscherdynamik können die Einzelaufnahmen leider keine Auskunft geben. Doch wäre damit zu erklären, warum die grundsätzlich schneller reagierenden kleinen Gletscher in der Untersuchungsregion die stärksten Rückzugsraten aufweisen, während größere und trägere Gletscher bisher kaum reagierten.

Zwar kann die zwischenzeitliche Entwicklung mit den Bildvergleichen nicht belegt werden, doch der sichtbare Gletscherrückgang kann als Anzeichen einer solchen Entwicklung verstanden werden. So zeigen die Bildvergleiche bei aller kleinräumiger Differenzierung und Abhängigkeit von lokalen Faktoren die in einer großräumigen Zuordnung getroffenen Tendenzen an. Sie können damit die allgemeinen Aussagen über Entwicklungen konkretisieren und zudem die Auswirkungen direkt erkennbar machen. Eine Einordnung der Bildvergleiche nicht nur in Bezug zu regionalen Tendenzen sondern auch zu globalen Prozessen wird im Fazit vorgenommen.

## **7 Beschreibung der Eissituation während fünf Expeditionen nach Nordostgrönland**

Auf vier historische Grönlandfahrten aus dem Zeitraum von 1906 bis 1933 und eine Expedition im Jahr 2006 wird hier besonders im Hinblick auf deren Beschreibungen des Eisvorkommens vor der Küste und in den Fjorden Nordostgrönlands eingegangen. Durch die Auswertung von Beobachtungen auf den Expeditionen sollen die Eisverhältnissen des Ostgrönland-Stromes als eine entscheidende Einflussgröße auf die im Kapitel 5.3 mittels Bildvergleichen untersuchten Gletscher anschaulich dargestellt werden. Wie in Kapitel 5 beschrieben, übt der Ostgrönland-Strom einen entscheidenden Einfluss auf das Klima des Fjordsystems aus.

Die in den historischen Berichten wiedergegebenen Eisverhältnisse werden mit den Beobachtungen und der nördlichsten Schiffsposition einer aktuellen Expedition, die mit einem den historischen Vorgängern ähnlichen Schiff unterwegs war, verglichen.

Zur besseren Interpretation der erreichten Positionen von zwei markanten Umkehrpunkten wird das dabei eingegangene Risiko genauer betrachtet. Vom Verfasser wird die mit der Zielsetzung verbundene Risikobereitschaft als ein wichtiger Faktor für die jeweilige Durchführung der Eisfahrten und damit erreichbaren Positionen angesehen, wie anhand eines Beispiels aufgezeigt werden soll.

Es handelt sich im Folgenden um die Wiedergabe punktueller Auskünfte über die Eisdynamik, die qualitativ betrachtet werden. Es wird nicht der Anspruch erhoben, aus diesen Beobachtungen und den Vergleichen generelle Aussagen über quantitative Veränderungen der Eissituation treffen zu können.

### **7.1 Beobachtungen der Eissituation auf historischen Expeditionen**

Frühe historische Berichte der Danmark-Expedition (1906-08) stammen vom Expeditionsmaler ACHTON FRIIS (1871-1939) und von dem Polarforscher und Entdecker der Kontinentaldrift ALFRED WEGENER (1880-1930). Von dessen späteren Expedition von 1929-31 werden Aufzeichnungen des Meteorologen WALTER KOPP (1901-1990) ausgewertet. Die Eisberichte der ebenfalls in den 1930ern durchgeführten Expedition von LAUGE KOCH (1892-1964) werden dem Tagebuch des Geologen HANS FREBOLD (1899-1983) entnommen. Aus dem Bericht der zeitgleichen Expeditionen von LOUISE A. BOYD (1887-1972) stammen neben den Eisbeobachtungen auch die historischen Aufnahmen des in der vorliegenden Arbeit vorgenommenen Bildvergleiches.

Die Beschreibungen werden zunächst rein deskriptiv zusammengefasst und oftmals durch die entsprechenden Auszüge aus den Expeditionsberichten wiedergegeben und sollen erst mit einem Vergleich der Eisbeobachtungen im Zwischenfazit analysiert und ausgewertet werden.

### 7.1.1 Eisbeobachtungen auf Expeditionen mit ALFRED WEGENER (1906-8 u. 1930-31) Fahrten durch den Ostgrönland-Strom während der Danmark-Expedition (1906-08)

Auf der dänischen Expedition unter der Leitung von MYLIUS-ERICHSEN (1872-1907) waren natürlich wesentlich geringere Kenntnisse über die Eisverhältnisse des Ostgrönlandstromes vorhanden als auf späteren Expeditionen, die heutzutage sogar fortlaufend aktualisierte Eiskarten vom Danish Meteorological Institute beziehen können. Doch besonders die Veränderlichkeit des Eisvorkommens vor Ostgrönland war den Aufzeichnungen von A. WEGENER nach recht gut bekannt und so konnte das entsprechende Jahr in einen größeren Zusammenhang gestellt werden. Während der Fahrt durch die Eismassen Richtung Norden seien sich alle, die mit den örtlichen Verhältnisse vertraut waren, darüber einig gewesen, dass „das Eis in jenem Jahr ungewöhnlich dicht war“ (WUTZKE 1997: 31f). Die Fahrt konnte bis weit in den Norden fortgesetzt werden und der Umkehrpunkt wurde festgehalten: „am Morgen des 15. August [1906] traf man in Höhe der Ile de France (etwa 77 ½ Grad n. Br.) auf einen festen Eisrand, der jedem weiteren Vordringen eine Barriere setzte und zum Umkehren zwang“ (ebd.). Bei der Fahrt durch das Packeis, durch das es galt „sich durchzubeißen“ (FRIIS 1910: 37), musste ein gehöriges Risiko eingegangen werden. Eine dramatische Beschreibung des Expeditionsmalers ACHTON FRIIS gibt die großen Schwierigkeiten in dem dichten Eisfeld am Umkehrpunkt (siehe Abb.41, S. 87) eindrücklich wieder:

„Der Wind war inzwischen bedeutend aufgefrischt. [...] Gleichzeitig traf die Flut mit einer starken Strömung in derselben Richtung ein. [...] Ehe wir noch losgeworfen, hatten Wind und Strömung so zugenommen, daß wir ein Mal über das andere vergeblich versuchten, Vorder- und Achtersteven von der Eiskante wegzubringen. Da saßen wir!“ [Nach vielen erfolglosen Versuchen führt der Maschinist ein riskantes Manöver aus]: „Sobald wir rückwärts soweit auf den Eisfuß hingeglitten waren, daß die Schraube dagegen stieß, ließ er die Maschine mit voller Kraft vorwärts gehen. Wir hörten mit Entsetzen, wie der eine Schraubenflügel sich tief ins Eis bohrte. Der ungeheure Widerstand bewirkte, daß das Schiff bebte und sich hob – aber im nächsten Augenblick sägte der Schraubenflügel sich durch und der andere faßte an – und der Achtersteven glitt ein klein wenig nach außen. [...] Die Schraube wirkte wie ein Rad ohne Felge, auf dem der Achtersteven seitwärts über den Eisfuß hin fuhr. [...] Daß wir aus der Klemme herauskamen, haben wir aber außer [dem Maschinisten] WEINSCHENK doch auch unserem elenden Klapperkasten von Maschine zu danken“ (FRIIS 1910: 66).

Sogar wenn die Schilderung etwas dramatisiert sein sollte, so lässt sich der Ansicht des Verfassers nach jedoch an dieser Schilderung klar erkennen, dass ein derartiges Manöver Ausdruck einer an Verzweiflung grenzenden Risikobereitschaft war. Denn diese enorme Beanspruchung der Schiffsschraube bot sicherlich nur eine einzige Chance, ein Scheitern hätte wahrscheinlich zu erheblichen Problemen geführt.

Aus dem folgenden Zitat kann ein kleiner Eindruck über die während der historischen Expeditionen herrschenden Bedingungen gewonnen werden. Die Aussagen zur Eissituation liefern zwar keine konkreten Angaben über die Eissituation – doch gibt dieser Auszug einen Einblick in die während der Polarnacht während der Überwinterung 1906-07 in Danmarkshavn in Nordostgrönland entstandenen Naturbetrachtungen ALFRED WEGENERS:

„Heute habe ich bei totenstillen Luft – jetzt weht es schon wieder – lange Zeit draußen gestanden und die Stille der Polarnacht genossen. Wie sie kalt und schweigend daliegen, diese harten, von gewaltigen Naturkräften einst polierten Felsenhügel! Nichts regt sich, selbst das Meer liegt in eisiger Starre, überglitzert von Mondschein, der mit Mühe durch einen Schleier von Eiskristallen dringt. So starrt die ganze Ostküste von Grönland in ihrer endlosen Erstreckung. Nur in dem schwarzen Fleck dort unten, der 'Danmark' an deren Anblick mit den hohen, etwas nach Steuerbord überhängenden Masten ich mich so gewöhnt habe, herrscht Leben und Treiben, sonst Stille, nichts als Stille – Totenstille. Nur eine Naturkraft ist hier wirksam, sie arbeitet still, unaufhörlich, die Kälte. Ihr Ziel ist die Versteinerung der gesamten Natur. Langsam, aber unaufhaltsam wachsen die Eiskristalle, und der rinnende Tropfen erstarrt. Selbst die Luft wird träger und träger. In diesem Augenblick scheint es, als ob das Werk gelungen wäre. Ein lebendes Tier in diesem Bilde käme mir wie etwas Udenkbares, Ungeheuerliches vor. Das Eis beginnt zu stöhnen und zu ächzen. Die Flut kommt. Noch dringt der Puls des Meeres hindurch durch diesen Eispanzer. Aber wird es der Kälte nicht gelingen, auch diesen Lebensquell zu erstarren? Nun konstatiere ich auch, daß mir in meiner leichten Kleidung beinahe die Ohren erfroren sind und die Poesie muß wieder der Realität weichen. Ich nehme mir aber vor, mir diesen Genuß von nun an öfter zu verschaffen. Dazu muß ich freilich allein sein, ganz allein“ (WEGENER 1906. Zit. in: ROHRBACH 1993: 64f).

### **Aufzeichnungen über die Eissituation während der Expedition von 1930-31**

Auf der Expedition der Jahre 1930 bis 1931 unter Leitung von A. WEGENER sind zahlreiche Beobachtungen der beteiligten Forscher zu finden. Sie geben einen guten Eindruck über die damals herrschende Eissituation an der Küste und in den Fjorden Nordostgrönlands wieder.

Die Forschungsziele und persönlichen Kenntnisse im Umgang mit der arktischen Natur gibt der Meteorologe W. KOPP so wieder:

„Es galt, die klimatologischen Verhältnisse am Ostrand des Inlandeises in Meereshöhe ein Jahr lang zu beobachten und durch Instrumente aufzeichnen zu lassen, sowie die Eigenschaften des Luftmeeres über Grönland mit Hilfe von Drachen und Ballonen zu untersuchen. [...] Keiner von uns dreien hatte bisher arktische Erfahrungen, wir waren auf die Literatur, vor allen Dingen aber auch auf die Ratschläge A. WEGENERS angewiesen. In diesem Punkte aber beruhigte er uns und betonte, die Hauptsache für eine solche Fahrt sei viel Geduld, gesunder Menschenverstand und eine ordentliche Portion Glück“ (KOPP 1932: 247).

Seine Beschreibung der ersten Eindrücke bei der Annäherung an Grönland geben einen Einblick in die Praxis der Eisfahrt, die herrschenden Eisverhältnisse und die Unsicherheiten während einer solchen Expedition:

„Sind mitten im Packeisgürtel. Eis und Mitternachtssonne üben zum ersten Mal ihren Zauber auf uns aus. Jede Scholle auf dem Weg muß von dem Schiff entweder sachte beiseite geschoben oder zertrümmert werden. [...] Alles ist voller Erwartung, ob wir bald durchkommen werden, denn es kommt an der Ostküste Grönlands vor, daß die Schiffe monatelang im Eis festliegen“ (KOPP 1932: 249ff).

Ein Beispiel für die schnelle Veränderlichkeit der Eisbedingungen ist aus der Beschreibung herauszulesen, mit welcher eine geschlossene Eisdecke, die das Schiff tagelang festhielt, plötzlich durch veränderte Windverhältnisse aufbrechen kann:

„Es sieht nach Wind aus. Der Steuermann glaubt's nicht, aber wozu sind wir schließlich Meteorologen! Der Wind kommt, und dann geht alles sehr schnell. Die ganze Eisfläche treibt in einem Stück aus der Bucht“ (ebd.).

Der folgende Auszug aus seinem spannenden Bericht von der Überwinterung beschreibt die Fahrt entlang einer markanten Stelle, die auch in den anderen Berichten immer wieder genannt wird und daher eine gute Vergleichsmöglichkeit bietet:

„Am 14. August [1931] erreichen wir trotz Eis Kap Hope. [...] Zwischen Kap Hope und der nächsten Ansiedlung Kap Stewart liegt wieder eine sehr dichte Eisbarriere. Aber wir haben schon Übung und wissen, um diese Scholle fährt man besser herum, jene kann man ruhig anrempeln oder diese beiden mit Vollgas auseinanderdrücken“ (ebd.).

In diesen Beschreibungen zeigt sich zum einen, dass es sich um recht gut passierbare Eisverhältnisse an dieser Stelle handelte, die für dasselbe Jahr im Folgenden von BOYD gegensätzlich mit einem festen Eisfeld beschrieben wird, jedoch wiederum zwei Jahre später von ihr sogar weitestgehend eisfrei vorgefunden wird. Zudem zeigt die Beschreibung der Eisfahrt von KOPP auch die Abhängigkeit der Fahrtmöglichkeiten von der Kompetenz und Erfahrung der Expeditionsteilnehmer.

### 7.1.2 Beobachtungen während Eisfahrten der Expedition von LAUGE KOCH (1931-34)

Der Geologe HANS FREBOLD schildert die Fahrt durch den Ostgrönlandstrom und die dabei gebräuchliche Fahrtpraxis genauer – wobei auch die persönlichen Eindrücke des Schreibers hier nicht rausgekürzt werden sollen:

„7.7.1931: In der Ferne scheinen Berge im Dunst zu schaukeln. Kapitän in der Tonne. Nach kurzer Zeit fahren wir in eine Spalte ein. Die ca. 6m dicken, gewaltigen Schollen bumsen gegen das Schiff. Kommandos: halbe Kraft, Stop, langsam, hart Steuerbord, mittschiffs, backbord. Es ist herrlich wie sich das Schiff vorwärts arbeitet. Große Schollen werden angefahren und langsam zur Seite geschoben. Ab und zu dringt die Sonne ein wenig durch den Nebel. Geisterhafte „Landschafts“-Bilder. Filme und photographiere viel“ (THIEDIG 2003: 21f).

Dass diese Fahrten von den Fähigkeiten der Schiffsführung abhängig sind, erwähnt FREBOLD: „Der Kapitän macht einen sehr guten Eindruck, er ist sehr vorsichtig und verliert selbst in recht schwierigen Situationen nicht die Ruhe“ (ebd.).

Der folgende Eintrag wird durch die genaue Positionsangabe in Kapitel 7.3 aufgegriffen und in ein Satellitenbild eingetragen (Abb. 41):

„8.7.1931: Liegen morgens fest. Alles aufs Eis. [...] GODTHAAB im Eis gebührend photographiert. Eis in ständiger Bewegung. Unbeschreiblich schöne wechselvolle Bilder. [...] Pos. 73° 34' [N], 16° 12' [W]“ (ebd.).

Oft werden die sehr unterschiedlichen Fahrtmöglichkeiten durch die wechselnden Eisverhältnisse erwähnt. Ein Beispiel:

„10.7.1931: Nachmittags erst schwere, dann sehr flotte Fahrt durch dünnes Eis. Kommen nun ein gutes Stück vorwärts. Abends aber wieder fest“ (ebd.).

Die starke Abhängigkeit von den herrschenden Windverhältnissen war gut bekannt und wird immer wieder als die Ursache für zusammen geschobene Eisfelder genannt. Doch ebenfalls wird die Rückwirkung des Eisfeldes auf die Witterung in Nordostgrönland angenommen:

„Es zeigt sich nun ganz deutlich, dass wir ein schlechtes Eisjahr haben. KOCH ist der Ansicht, daß das dauernd herrliche Wetter gewissermaßen durch die Ausdehnung des Kontinentalklimas nach Osten infolge der Geschlossenheit der Eismasse bedingt ist“ (ebd.)

Der Kontakt zu anderen Schiffen und somit prinzipiell auch weiterführende Berichte über die Eislage zu bekommen war möglich. So notiert FREBOLD: „[Der norwegische Expeditionsleiter] HOEL sitzt nun ebenfalls fest und zwar an der Eiskante auf 75° n. Br.“

Auch kam es zu einem Kontakt mit dem Schiff von LOUISE A. BOYD:

„VESLEKARI mit der amerikanischen Millionärin hat Hold with Hope am 18.7. erreicht. Über die Eisverhältnisse wollte sie uns, wie KOCH mir sagte, nichts mitteilen“ (ebd.).

### 7.1.3 Die Eissituation der Expeditionen von LOUISE A. BOYD (1931 u. 33)

Das Expeditionsschiff VESLEKARI trifft während der Expedition von LOUISE A. BOYD am 12. Juli 1933 rund 200 Kilometer nordwestlich von Jan Mayen auf der Position 72° 34' N und 13° 26' W erstmalig auf Packeis. Das Eisfeld kann schnell durchquert werden und im weiteren Verlauf der Fahrt treffen sie nur auf wenig Eis: „the sea was exceedingly open“ (BOYD 1935: 10f).

Diese Erfahrungen stehen im Gegensatz zu denen der zwei Jahre zuvor zum gleichen Datum unternommenen Durchquerung des Ostgrönland-Stromes. Damals war die Passage nur möglich gewesen, da das Schiff mit vollem Arbeitseinsatz und allen verfügbaren Mittel vorangebracht wurde: „Then the ice at times rose eight feet above our stern railing, we were beset more than once, and only by the tireless efforts of the captain and crew in warping the vessel and opening lanes and pockets with dynamite were we able to get through after four wearing days“ (ebd.).

Auch an der Nordostküste Grönlands herrschten andere Eisverhältnisse als zwei Jahre zuvor. Die Küste ist mehrere Meilen eisfrei in einem Bereich, in dem zwei Jahre zuvor noch mächtige Eisfelder bis fast an die Küste von Hold with Hope [73°30'N, 20°30'W] heranreichten.

Die für dieses Fahrtgebiet günstigen Eisverhältnisse halfen mit, dass viele der Expeditionsziele erreicht wurden. LOUISE A. BOYD, die wie in diesem Fall die meistens ihrer Polarexpeditionen selber ausrüstete und leitete, benennt ihre eigenen Aufgabe folgendermaßen.: „As I am especially interested in photography I aimed on this and later voyages to combine photographic work with study of sea and land ice as well as of the topography and natural history of Arctic lands“ (BOYD 1935: 1).

## 7.2 Auswirkungen der Eissituation auf die Expedition von ARVED FUCHS (2006)

### Beobachtungen zu den arktischen Eisverhältnisse während der Expeditionen

Beobachtungen zum Klimawandel werden auf den Expeditionen neben Kooperationen mit Forschungsinstituten auch durch die über Schiffspassagen und erreichten Positionen geschaffenen see-fahrerischen Daten gemacht.

So gelang es 2002 im vierten Anlauf, die Nordostpassage zu durchfahren. ARVED FUCHS betont hierbei ausdrücklich, dass dies „nur deshalb gelingen [konnte], weil wir ungewöhnlich günstige Eisverhältnisse entlang der sibirischen Küste angetroffen hatten [... und] sich eine Tendenz abzeichnet, dass die Klimaveränderung in der Arktis mit alarmierender Geschwindigkeit voranschreitet.“ Diese Beobachtung ist für FUCHS eine „subjektive Bewertung, die einer wissenschaftlichen Betrachtung nicht standzuhalten vermag“ (2005: 14), doch liefern die jahrelang in den hohen Breiten gesammelten Erfahrungen gute Vergleichsmöglichkeiten.

Die Expeditionen haben andere Beweggründe als beispielsweise die Fahrten großer Forschungsinstitute und so gilt grundsätzlich: „Wenn wir uns eines Segelschiffes bedienen oder mit Ski zum Nord- oder Südpol laufen, dann ganz sicher nicht, um in die Konkurrenz zu der modernen Polarforschung zu treten“ (ebd.).

Die Expeditionen werden auch durch die Suche nach einer Antwort angetrieben, ob die in der Nordostpassage erkennbare Veränderung „eine lokale, sibirische Erscheinung ist bzw. inwieweit auch andere Regionen betroffen sind.“ Eine der zentralen Fragen während der Durchquerung der schwierigen Nordwestpassage zum zweiten Mal (2004) lautete: „Lässt sich die Klimaveränderung bereits mit bloßen Augen ablesen?“ (FUCHS 2005: 15).

### Eisfahrten auf der Expedition nach Nordostgrönland (2006)

Neben den Fragen zum Klimawandel ist auch das Erlebnis dieser außergewöhnlichen Region ein Grund für die Expedition. Denn diese Küste Grönlands „mit ihren tief eingeschnittenen Fjorden, den schroffen Bergen und gewaltigen Eisbergen zählt für mich zu den spektakulärsten Landschaften der nördlichen Hemisphäre“ (FUCHS 2007: 7).



Abb.38: Das Expeditionsschiff im Eisfjord

Foto: BERG 2006



Der größte Gewinn und die wichtigsten „Daten“ auch dieser Expedition sind wieder: „Erinnerungsbilder die sich im Kopf einprägen, sind das eigentliche Kapital, das man von einer derartigen Reise zurückbringt“ (ebd.).

Vorteilhaft für die Fahrten in Küstennähe ist, dass mit dem kleinen Expeditionsschiff DAGMAR AAEN – ein mit zusätzlichen Verstärkungen des Schiffsrumpfes für die Eisfahrt umgerüsteter Fischkutter von 1931 aus Eiche – auch jene flachen Gewässer befahrbar sind, in die moderne, wesentlich größere Expeditionsschiffe aufgrund ihres Tiefganges nicht kommen können (FUCHS 2005). Für die hier wiedergegebene Untersuchung ermöglichten die ähnlichen Bedingungen wie auf den historischen Expeditionsschiffen während der Fahrten zum Beobachten und Fotografieren eine nahezu identische Perspektive (BERG 2007). Auch ist die Abhängigkeit von der Eissituation sehr ähnlich und erlaubt daher einen direkteren Vergleich der Fahrten und Schiffpositionen in den von den Eisbedingungen bestimmten Gebieten mit den Beschreibungen der historischen Expeditionen.

Diese ähnliche Abhängigkeit von der Eissituation wirkt sich andererseits nachteilig auf die Erreichbarkeit einiger Ziele aus, da beispielsweise die Packeisfelder ein Weiterkommen unmöglich machen, die für moderne Expeditionsschiffe ohne Probleme durchfahren werden können und die Eisbedingungen sind maßgeblich entscheidend für die Routenplanung. Ebenso beträgt die Fahrtgeschwindigkeit nur einen Bruchteil jener der modernen Forschungsschiffe.

Während der Expedition musste viel Zeit für das Weiterkommen unter den schwierigen Bedingungen verwendet werden. Doch gerade dieses genaue Beobachten und Steuern durch teilweise dichte Eisfelder war eine zum unmittelbaren Begreifen der dynamischen Kräfte in dieser Region ungeheuer lehrreiche und spannende Erfahrung. Zudem erforderte die Unmittelbarkeit ein intensives Auseinandersetzen mit den Naturprozessen vor Ort.

Ebenso bietet der zwar nur recht kurze Aufenthalt von rund sechs Wochen in den Gewässern und den hoch aufragenden Fjorden Nordostgrönlands eine zumindest für historisch-geographische Fragestellungen notwendigen Annäherung an die Situationen früherer Expeditionen und gibt unmittelbare Einblicke in einen beeindruckenden Landschaftsraum mit gigantischen Proportionen.

Der Expeditionsmaler RAINER ULLRICH fasste seine Erfahrungen mit den Worten zusammen:

„Diese Expedition in die ostgrönländische Einsamkeit war für mich eine erneute Herausforderung. In dieser faszinierenden Natur entstanden im Augenblick des Erlebens die schönsten Eindrücke in Wort und Bild. [...] Ich wünsche der polaren Region, daß sie der Klimaerwärmung standhält. Wir alle wissen, daß die Überflußgesellschaft viel dafür tun muß. Die Crew der DAGMAR AAEN ist sich dessen noch ein Stück bewußter geworden“ (ULLRICH 2007: 128).

Zu den Fahrten im Ostgrönland-Strom gehörte es, durch Messungen mittels Radarabstand- und Sextantenmessung einen Eindruck der Größe der Eisberge zu bekommen.



Abb. 39: Tafelberg des Ostgrönland-Stromes. Mit einer Höhe von 32m und Kantenlängen von 212m und 186m besteht der sichtbare Teil (ca. ein Achtel der gesamten Masse) aus rund 10 Mio. Tonnen Eis Foto: BERG 2006

Im Packeisfeld galt im Besonderen: „Es ist ein Grundsatz, den ARVED FUCHS immer in die Planung mit einbezieht: „Den Weg zurück im Auge behalten“ (ULLRICH 2007: 78). So wurde mit der Position  $74^{\circ} 22' N$ ,  $18^{\circ} 45' W$  der nördliche Umkehrpunkt erreicht, da die Situation folgendermaßen aussah: „Die von Nordosten kommenden Packeisfelder und Eisberge sagen nichts Gutes voraus. Hier jetzt mit Gewalt durchzufahren, um dann auf unbestimmte Zeit eingeschlossen zu werden, ja sogar eine Überwinterung in Kauf zu nehmen, das wäre Risiko pur“ (ebd.).

Besonders diesen Grundsatz gilt es bei dem nachfolgenden Vergleich der auf verschiedenen Expeditionen erreichten Positionen zu beachten.



Abb.40: Packeisfeld im Ostgrönland-Strom am Umkehrpunkt auf  $74^{\circ}22'N$ ,  $18^{\circ}45'W$ . Foto: BERG 2006

### **Grundsätze im Kontext von Mensch-Umwelt-Beziehungen**

Die Bedeutung von Zielsetzungen und die damit verbundene Risikobereitschaft der Expeditionen auf die während der Eisfahrten erreichten Positionen wurden am Anfang dieses Kapitels betont und werden im Zwischenfazit nochmals genauer betrachtet. Hier sollen Äußerungen über die hinter den Expeditionen stehende Sichtweise auf die Natur diesen Themenkomplex erweitern und damit auf einen weiteren in der geographischen Forschung wichtigen Aspekt hinweisen.

In der Umweltforschung wird bezüglich der Mensch-Umwelt-Beziehungen gefordert: „Um so mehr drängt sich auch in dem Kontext [des globalen Umweltwandels] das Postulat einer »physiozentrischen Weltsicht« auf, die den »Menschen im natürlichen Mitsein« als Teil der Natur versteht“ (EHLERS 1998a: 341). Dies bedeute für die Forschungspraxis der nächsten Jahre, dass „wir die zu schützende Natur oder die in ihrer Nachhaltigkeit zu bewahrende Umwelt nicht – um noch einmal HONNEFELDER (1995: 149) zu zitieren – »als eine vorgegebene, einfach ablesbare und objektivierbare Größe verstehen dürfen, sondern als Resultat einer Interpretation, in die objektive naturwissenschaftliche Erkenntnis und subjektive lebensweltliche Erfahrung eingehen... «“ (ebd.).

Die Beziehung von Mensch und Natur spielt bezüglich des Klimawandels eine wichtige Rolle. So sieht ein Bericht zur Klimakonferenz in Bali (2007) die Angst vor einschränkenden Maßnahmen im Zusammenhang mit der Sichtweise auf die Natur. Besonders die Ansicht des Autors wird im Folgenden nochmals aufgegriffen: „Weil wir uns vor einem »Klima-Totalitarismus« fürchten, deswegen wünschen wir uns ganz kräftig, dass uns die Erde keine Grenzen setzt. Aber die Natur ist weder allmächtig noch liberal, sondern vollkommen gleichgültig uns Menschen gegenüber“ (ULRICH 2007, DIE ZEIT).

Für ARVED FUCHS sind es zentrale Expeditionserfahrungen, dass „nicht der Mensch die Spielregeln vorgibt, sondern die Natur. [...] Sie ist eine herbe Schönheit und ein gnadenloser Lehrmeister. [...] Es ist [der Arktis und Antarktis] schlichtweg gleichgültig, was mit den Menschen in ihnen passiert“. Er schreibt mit den Erfahrungen der Fußmärsche zum Süd- und Nordpol, dass ein grundlegender Unterschied zwischen dem rein konsumierenden Betrachten der polaren Landschaften „durch die schützende Scheibe einer vollklimatisierten Kabine“ oder dem Durchwandern bei bis zu minus 40° C besteht. Bei den direkten Erfahrungen der herrschenden Naturkräfte „stellt man sich der Landschaft in voller Konsequenz“. Es gehe ihm um die Suche nach einem „unverfälschten Naturerlebnis“ und ein „Eintauchen in eine andere Welt mit eigenen Spielregeln“ (alle: FUCHS 1997: 17). Die dabei auftretenden Gefahren und Entbehrungen durch Kälte, Sturm und lange Nächte werden nicht gesucht, aber für die intensive Naturerfahrung akzeptiert (BERG 1998, taz).

### 7.3 Zwischenfazit: Vergleich der Eissituation aus den Expeditionsberichten

Der Ostgrönland-Strom stellte besonders für die historischen Expeditionen eine bedrohliche Barriere aus Packeis dar (BOYD 1935). Die Variabilität im Auftreten und eine deutliche Abhängigkeit dieser Eisfelder zumindest von den herrschenden Windbedingungen werden an mehreren wiedergegebenen Stellen aufgezeigt (KOPP 1932, BOYD 1935, THIEDIG 2003). Ebenfalls bemerkenswert sind die Beobachtungen von KOCH über die wahrscheinliche Rückwirkung der geschlossenen Eisdecke auf die Witterungsverhältnisse in Nordostgrönland. Der Ostgrönland-Strom beeinflusst diese Region demnach nicht nur durch die Auswirkungen auf die Wassertemperatur sondern auch über Veränderungen der atmosphärischen Bedingungen mit komplexen Rückwirkungen.

Für den Zeitraum vor der Errichtung einer ständigen Wetterstation in Danmarkshavn 1949 liegen für Nordostgrönland nur einzelne Wetterbeobachtungen vor, es fehlt demnach eine weit zurückreichende kontinuierliche Messreihe. Doch bietet die Auswertung historischer Quellen an dieser Stelle eine gute Möglichkeit um zumindest „schlaglichtartige Informationen“ (DIX & SCHENK 2007: 818) durch den Blick in die historischen Berichte über die Verhältnisse zu Zeiten der historischen Expeditionen bekommen zu können.

Die Beobachtung geben wieder, dass sich schon in kurzer Zeit und innerhalb eines kleinen Raumes die Eisbedingungen komplett verändern können. BOYD zeigt mit einem Vergleich des Eisaufkommens im Ostgrönland-Strom auf zwei Expeditionen eine weiträumig geänderte Situation innerhalb von zwei Jahren auf.

Diese Veränderlichkeit als ein wesentliches Merkmal ist zu berücksichtigen beim Vergleich der Fahrtbedingungen verschiedener Expeditionen, wie sie den auf ihnen entstandenen historischen Dokumenten wie Logbüchern, Aufzeichnungen, Notizen, Expeditionsberichten, etc. entnommen werden können.

Doch der Verfasser sieht zudem noch die Zielsetzungen der Expeditionen und damit verbundene Risikobereitschaft als einen entscheidenden Faktor an. Denn davon abhängig sind die Möglichkeit, schwierige Eisbedingungen zu Umfahren oder auch tagelang von ihnen eingeschlossen zu bleiben und auf eine Verbesserung der Eisverhältnisse beispielsweise durch Wetteränderungen zu warten.

Daher wurde die Situation an Bord der Schiffe DANMARK im Jahre 1906 und der DAGMAR AAEN im Jahr 2006 zum Zeitpunkt ihrer nördlichen Umkehrpunkte ausführlicher wiedergegeben. Die Schiffspositionen sind auf dem folgenden Satellitenbild eingetragen. Das Bild zeigt die Eisverhältnisse des Ostgrönland-Stromes im Juni 2006. Schon der Eindruck der stark verwirbelten Packeisfelder verdeutlicht die hohe Variabilität der Eisdichte innerhalb kleiner Entfernungen.

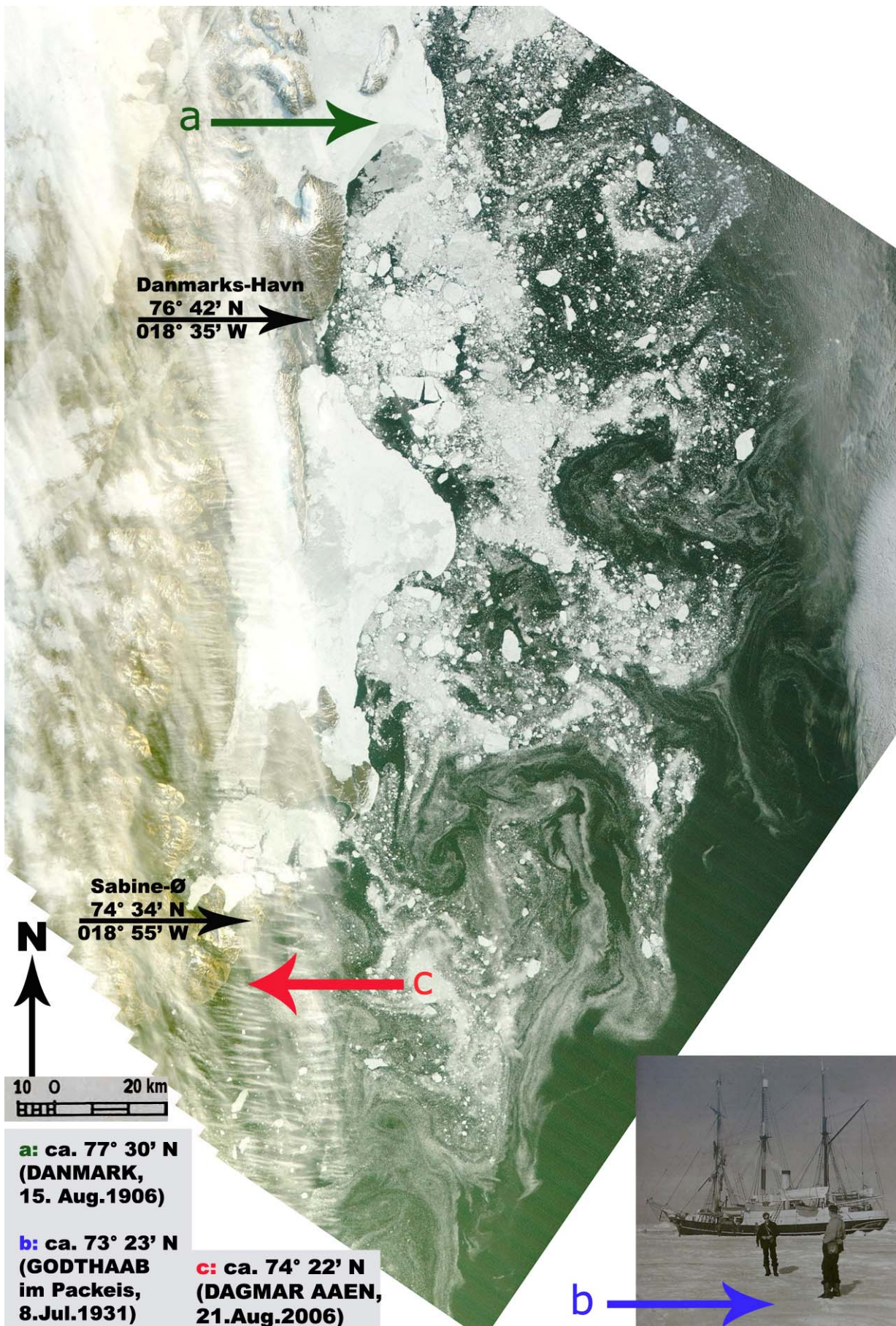


Abb.41: Satellitenbild vom Juli 2006 mit markanten Schiffsorten nach Expeditionsberichten  
(Quelle: NASA, Foto: THIEDIG 2003: 17, eigene Bearbeitung)

Es zeigte sich bei der Beschreibung der Situation am Umkehrpunkt im Jahr 1906, dass mit dem Forschungsschiff DANMARK (a) das Risiko, vom Eis eingeschlossen zu werden, durchaus eingegangen wurde. Dies galt auch schon oftmals auf Expeditionen mit dem Expeditionssegler DAGMAAR AAEN (c), jedoch wurde auf der Expedition im Jahre 2006 das Risiko eines Eiseinschlusses möglichst gering gehalten. Die Situation wurde genauer im Zusammenhang mit den Beobachtungen der Eissituation dargestellt. Auch spielt natürlich die Fahrtroute entlang der Küste einen entscheidenden Einfluss auf die Erreichbarkeit bestimmter Ziele.

Aus dem Satellitenbild extrapolierend ist die Position mit dem dazugehörigen Foto eingetragen, auf der das Expeditionsschiff GODTHAAB 1931 für einige Stunden im Eis eingeschlossen war (b).

Die in den Expeditionsberichten erwähnten Positionen lagen südlicher als der untere Bildabschluss und wurden daher nicht eingetragen. Die mehrfach erwähnte Halbinsel Hold with Hope liegt knapp unterhalb des Bildrandes des Küstenabschnittes.

Die mit dieser Auswertung der historischen Expeditionsberichte unternommene Betrachtung der Eissituation des Ostgrönland-Stromes zeigt die starke Veränderlichkeit der Eissituation auf und damit, dass ein einfacher Vergleich der möglichen Fahrtrouten nicht vorgenommen werden kann. Zudem zeigt der Ostgrönlandstrom ein sehr komplexes Reaktionsverhalten auf die globale Erwärmung und ist mit anderen Naturprozessen über Wechselwirkungen eng verknüpft, wie in der Vorstellung der Einflussfaktoren auf den Untersuchungsraum dargestellt wurde.

## 8 Fazit: Bildvergleiche im Kontext des globalen Klimawandels

Ein weltweiter Gletscherrückgang lässt sich in vielen Regionen nachweisen (z.B. RAHMSTORF 2007, ZÄNGL & HAMBERGER 2004) und global treten neben dem Anstieg der Temperatur an vielen Stellen deutliche Anzeichen einer Erwärmung auf. Doch bei kleinräumiger Betrachtung zeigen sich auf lokaler Ebene stark abweichende Auswirkungen, die ebenso differenziert untersucht und in den globalen Zusammenhang gebracht werden müssen. Hierfür sind zahlreiche Untersuchungsmethoden anwendbar, zu denen auch die Methode des Bildvergleiches gehört.

Ein großer Vorteil von Wiederholungsaufnahmen für Untersuchungen zum globalen Klimawandel ist die Möglichkeit, die generell für die Nutzung historischer Dokumente gilt: es können Entwicklungen eines größeren Zeitraumes betrachtet werden (DIX & SCHENK 2007). Zudem ermöglicht diese Methode in vielen Fällen eine Untersuchung und Veranschaulichung der Landschaftsdynamik durch relativ einfache Hilfsmittel und die Ergebnisse sind auch ohne komplizierte theoretische Kenntnisse oder genaueres Vorwissen verständlich. Daher können Bildvergleiche Ergebnisse von Untersuchungen gut außerhalb wissenschaftlicher Fachgrenzen präsentieren und dadurch zu der besonders im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel geforderten Interdisziplinarität beitragen. Zudem können sie die Auswirkungen der Erderwärmung und wissenschaftlichen Sachverhalten in den Medien gut veranschaulichen.

Die weiter ausgeführten Unterschiede der Perspektiven in Wissenschaft und den Medien sind dabei von großer Bedeutung und müssen bei einer kritischen Betrachtung der Darstellungen als grundlegend verschiedene Anforderungen beachtet werden. So können die Möglichkeiten der recht einfachen Anwendung nicht nur in der ausführlicher dargestellten Nutzung des Filmes als Medium sondern auch in der Anwendung von Bildvergleichen zu verzerrenden Darstellungen führen. Denn vor allem aufgrund großer lokaler Unterschiede können die mittels Bildvergleichen gewonnenen Ergebnisse keineswegs einfach auf globale Entwicklungen übertragen werden. Die Unterschiede der Gletscherveränderungen in Grönland auf regionaler und – am Beispiel der erstellten Bildvergleiche ersichtlich – auch noch kleinräumiger auf lokaler Ebene wurden aufgezeigt. Unter Zuhilfenahme von weiteren Daten aus anderen Untersuchungen lassen sich die Ergebnisse in einen globalen Kontext einordnen und es können zumindest Hinweise auf globale Entwicklungen gegeben werden.

Zusammenfassend lassen sich die zentralen Fragen dieser Arbeit eindeutig damit beantworten, dass mit Hilfe der Methode von Bildvergleichen ein Rückgang der Gletscher in Nordostgrönland belegt werden kann. Gestützt auf weitere Daten, zu denen Informationen aus topographischen Karten, Auswertungen von historischen Dokumenten und Messergebnisse anderer Untersuchungen über die Temperatur- und Gletscherentwicklung gehören, können weiträumigere Aussagen mittels Bildvergleichen getroffen werden, die bis hin zur globalen Ebene gehen. Dabei sind die lokalen Einfluss-

faktoren stark zu berücksichtigen, da sie gelegentlich stärker sind als globale Entwicklungen. Für Nordostgrönland ist der Ostgrönland-Strom mit einem sehr komplexen Reaktionsverhalten auf globale Änderungen eine der maßgeblich bestimmenden Größen (FRISTRUP 1952, WAGNER/AWI 2000, BENNIKE 2004).

In dieser Untersuchung können nach der Auffassung des Verfassers mittels Bildvergleichen zwar keine quantifizierbaren Ergebnisse und Rückschlüsse auf den globalen Klimawandel gewonnen werden. Jedoch gibt es qualitative Anzeichen für Auswirkungen der Erderwärmung auch auf diese Region.

Die Interpretationen der Bildvergleiche in dieser Arbeit bringen den Verfasser dazu, die Bildvergleiche als Teil der Frühwarnungen vor den Folgen der Erderwärmung zu sehen. Sie verdeutlichen mit dem belegten Gletscherrückgang, welche Auswirkungen der vom Menschen beeinflusste globale Klimawandel haben kann.



## 9 Quellenverzeichnis

### 9.1 Monographien und Aufsätze

- ALEAN, J. u. M. HAMBREY (1994): *Glaciers*. (Cambridge University Press) Cambridge.
- ANDREWS, J. (2006): *Glaciers, oceans, atmosphere and climate*. In: Knight, P. (Hrsg.): *Glacier Science and Environmental Change*. (Blackwell Publishing Company) Oxford. S. 98-113.
- BAKER, B. u. R. MOSELEY (2007): *Advancing Treeline and Retreating Glaciers: Implications for Conservation in Yunnan, P.R. China*. In: *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, Vol. 39, No. 2. S. 200-209.
- BENNIKE, O. (2004): *Holocene sea-ice variations in Greenland: onshore evidence*. In: *The Holocene* 14, 4. S. 607-613.
- BERG, M. (2007): *Wiedersehen nach 73 Jahren: Grönländische Gletscherzungen im Bildvergleich*. In: ULLRICH, R.: *Grönland! Expeditions-Tagebuch*. (RvR Verlag) Kehl am Rhein. S. 50-51.
- BLÜMEL, W.D. (1999): *Physische Geographie der Polargebiete*. (Teubner Studienbücher Geographie) Leipzig.
- BLÜMEL, W.D. (2004): *Steht "übermorgen" der Golfstrom still?* In: *Geographische Rundschau* Jg. 56, H. 7/8 S. 64-65.
- BLÜMEL, W.D. (2007): *Regionale und zonale Beispiele für Formungsgemeinschaften in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen*. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): *Geographie*. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 338-342.
- BOYD, L. A. (1935): *The Fiord Regions of East Greenland*. American Geographical Society. (George Grady Press) New York.
- BRETZ, J. H. (1935): *Physiographic studies in East Greenland*. In: BOYD: *The Fiord Regions of East Greenland*. American Geographical Society. (George Grady Press) New York. S. 159-245.
- BRÜCKNER, H. u. D. KELLETAT (2007): *Marine Regime*. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): *Geographie*. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 478-480.
- CREMER, H., BENNIKE, O., HÅKANSSON, L., HULTZSCH, N., KLUG, M., KOBABE, S. u. B. WAGNER (2005): *Hydrology and Diatom Phytoplankton of High Arctic Lakes and Ponds on Store Koldewey, Northeast Greenland*. In: *Internat. Rev. Hydrobiol.*, Nr. 90. S. 84-99.

- CHRISTIANSEN, H. (2004): Meteorological Control on Interannual Spatial and Temporal Variations in Snow Cover and Ground Thawing in Two Northeast Greenlandic Circumpolar-Active-Layer-Monitoring (CALM)-Sites. In: *Permafrost and periglacial Processes*. S. 155-169.
- DIAMOND, J. (2005): Kollaps, Warum Gesellschaften überleben oder sterben. (S. Fischer) Frankfurt a. M.
- DIKAU, R. u. J. POHL (2007): „Hazards“: Naturgefahren und Naturrisiken. In: GEBHARDT, H. et al. (HRSG.): *Geographie*. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 1029-1076.
- DITTMANN, A. u. M. NÜSSER (2002): Siedlungsentwicklung im östlichen Hindukusch: Das Beispiel Chitral Town (North-West Frontier Province, Pakistan). In: *Erdkunde*, Heft 1. S. 60-72.
- DIX, A. u. W. SCHENK (2007): Historische Geographie. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): *Geographie*. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 816-826.
- DMI (2004): Technical Report 04-07. Yearly Mean Temperature for Selected Meteorological Stations in Denmark, the Faroe Islands and Greenland; 1873-2003. (Danmarks Meteorologiske Institut) Copenhagen.
- DWS INVESTMENT GmbH (2007): Höchste Zeit für eine Klima-Anlage! Werbebroschüre der größten deutschen Fondsgesellschaft, Frankfurt a. M.
- DYURGEROV, M. u. G. J. MC CABE (2006): Associations between Accelerated Glacier Mass Wastage and Increased Summer Temperature in Coastal Regions. In: *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, Vol. 38, No. 2. S. 190-197.
- EHLERS, E. (1998a): Geographie als Umweltwissenschaft. In: *Die Erde* 129. S. 333-349.
- EHLERS, E. (1998b): Global Change und Geographie. In: *Geographische Rundschau*, H. 50. S. 273-276.
- EHLERS, E. u. T. KRAFFT (Hrsg.) (2001): *Understanding the Earth System*. (Springer-Verlag) Berlin, Heidelberg, New York.
- EHLERS, E. u. H. LESER (2002): Geographie heute - für die Welt von morgen. Eine Einführung; Regionale Mensch-Umwelt-Probleme als Anwendung von Geographie. *Und: Ein Fazit*. In: EHLERS, E. u. H. LESER: *Geographie heute - für die Welt von morgen*. (Klett-Perthes) Gotha und Stuttgart. S. 9-18 u. S. 166-176.
- EHLERS, E. (2004): Geographie im Anthropozän. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, Heft 6. S. 79-88.

- FLANNERY, T. (2005): Wir Wettermacher. Wie die Menschen das Klima verändern und was das für unser Leben auf der Erde bedeutet. (S. Fischer) Frankfurt a. M.
- FLOHN, H. (1941): Die Tätigkeit des Menschen als Klimafaktor. In: *Zeitschrift für Erdkunde*, Heft 1. S. 13-22.
- FRIIS, A. (1910): Im Grönlandeis mit Mylius-Erichsen. Die Danmark-Expedition von 1906-1908. (Verlag von Otto Spamer) Leipzig.
- FRISTRUP, B. (1952): Die Klimaänderungen in der Arktis und ihre Bedeutung besonders für Grönland. In: *Erdkunde* VI, Heft 4. S. 201-212.
- FUCHS, A. (1997): Abenteuer am Weltrand. In: WENZEL, J. (Hrsg.): Arktis - Antarktis. (Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland GmbH), Bonn. S.17.
- FUCHS, A. (2005): Nordwestpassage. (Delius Klasing Verlag) Bielefeld.
- FUCHS, A. (2007): Vorwort. In: ULLRICH, R.: Grönland! Expeditions-Tagebuch. (RvR Verlag) Kehl am Rhein. S. 7.
- GEBHARDT, H. (2007): Michael Crichton: „Welt in Angst“. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U. u. P. REUBER (Hrsg.): Geographie. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 983.
- GLASER, R. u. H. GEBHARDT (2007): Einführung: Syndromkomplexe und der Kampf um Ressourcen. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): Geographie. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 962-966.
- GLASER, R. u. U. RADTKE (2007): Allgemeine Physische Geographie. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): Geographie. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 186-187.
- GLÄBER, E., LINDEMANN, R. u. J.F. VENZKE (2006): Nordeuropa. (Wissenschaftliche Buchgesellschaft) Darmstadt.
- GORE, A. (2006): Eine unbequeme Wahrheit. Riemann Verlag, München.
- HAEBERLI, W., HOELZLE, M. u. M. MAISCH (2001): Glaciers as key indicators of global climate change. In: LOZAN, J. u. H. GRABL : Das Klima des 21. Jahrhunderts. Hamburg. S. 212-220.
- HAEBERLI, W. (2006a): Measuring and modelling the mass balance of glaciers for global change. In: Knight, P. (Hrsg.): Glacier Science and Environmental Change. (Blackwell Publishing Company) Oxford. S. 423-430.
- HAEBERLI, W. (2006b): Integrated perception of glacier changes: a challenge of historical dimensions. In: Knight, P. (Hrsg.): Glacier Science and Environmental Change. (Blackwell Publishing Company) Oxford. S. 423-430.

- HAEBERLI, W. u. M. MAISCH (2007): Klimawandel im Hochgebirge. In: ENDLICHER, W. u. F.-W. GERSTENGARBE (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. (DGfG, PIK und Humboldt-Universität zu Berlin) Potsdam. S. 98-107.
- HERGET, J. (2007): Feldmethoden. In: GEBHARDT, H. ET AL. (Hrsg.): Geographie. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 97-101.
- HUBBERTEN, H.-W. (1995): Die Expedition ARKTIS-X/2 mit FS "Polarstern", Berichte zur Polarforschung 174, Alfred Wegener Institut, Bremerhaven.
- IPCC (2007a): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- IPCC (2007b): Ergebnisse des Fourth Assessment Report (AR4) der Arbeitsgruppe 1: Wissenschaftliche Grundlagen. Alfred Wegener Institut
- JACOBET, J. (2007): Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Klimasystem. In: ENDLICHER, W. u. F.-W. GERSTENGARBE (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. (DGfG, PIK, Humboldt-Universität Berlin) Potsdam. S. 1-16.
- KASER, G. (2006): Mountain glaciers. In: Knight, P. (Hrsg.): Glacier Science and Environmental Change. (Blackwell Publishing Company) Oxford. S. 268-271.
- KING, L. u. G. HELL (1993): Photogrammetry and Geomorphology of High Arcite Push Moraines, Examples from Ellesmere Island, Canadian Arctic, and Spitzbergen, Svalbard Archipelago. In: *Zeitschrift für Geomorphologie*. Bd. 93. S. 21-38.
- KOLBERT, E. (2006): Vor uns die Sintflut. Depeschen von der Klimafront. (Berlin Verlag) Berlin.
- KOPP, W. (1932): Die Oststation. In: Wegener, E. (Hrsg.): Alfred Wegeners letzte Grönlandfahrt. (Brockhaus) Leipzig.
- KRAUSE, R.A. (1992): Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865-1875. Berichte zur Polarforschung 114. (Alfred-Wegener-Institut) Bremerhaven.
- LATIF, M. (2007): Bringen wir das Klima aus dem Takt? Hintergründe und Prognosen. (Fischer Taschenbuch Verlag) Frankfurt a. M.
- LISTER, H. (1958): Glaciology (1-3). In: Hamilton, R.A. (Hrsg.): Venture to the arctic. (Penguin Books Inc.) Baltimore, S. 167-209.
- LOZAN, J., GRABL, H., HUBBERTEN, H.W., HUPFER, P., KARBE, L. u. D. PIEPENBURG (Hrsg.) (2006): Warnsignale aus den Polarregionen, Wissenschaftliche Auswertungen. Hamburg.
- MAST, C. (Hrsg.) (1998<sup>8</sup>): ABC des Journalismus. Ein Leitfaden für die Redaktionsarbeit. (UKV) Konstanz.

- MAISCH, M. u. F. PAUL (2006): Historical glacier fluctuations. In: Knight, P. (Hrsg.): *Glacier Science and Environmental Change*. (Blackwell Publishing Company) Oxford. S. 432-434.
- MANDLER, H. (1995): Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionsseismischer und gravimetrischer Untersuchungen. *Berichte zur Polarforschung* Nr. 358. (Alfred-Wegener-Institut) Bremerhaven.
- NEU, U. (2007): Der vom Menschen verursachte Treibhauseffekt: die historische Entwicklung des Wissens. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): *Geographie*. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 976-987.
- NOTZ, D. (2007): ARKTIS UND ANTARKTIS IM KLIMAWANDEL. In: *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 47/2007. Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn. S. 27-32.
- NÜSSER, M. (1998): Nanga Parbat (NW-Himalaya): Naturräumliche Ressourcenausstattung und humanökologische Gefügemuster der Landnutzung, *Bonner Geographische Abhandlungen*, Bonn.
- NÜSSER, M. (2000): Recent Land Cover and Land Use Dynamics in the Nanga Parbat Area (NW Himalaya): Human-Ecological Landscape Monitoring Using Repeat Photography, in: *Marburger Geographische Schriften* S.265-281.
- OTTO-BLIESNER, B., MARSHALL, S., OVERPECK, J., MILLER, G. u. A. HU (2006): Simulating Arctic Climate Warmth and Ice field Retreat in the Last Interglaciation. In: *Science* Vol. 311, S. 1751-1753
- PFLÜGER, B. (2005): Das Meereis um Südgrönland 1777-2002. *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Hamburg*, Bd. 97.
- RAHMSTORF, S. (2007): Klimawandel – einige Fakten. In: *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 47/2007. Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn. S. 7-13.
- RAHMSTORF, S. u. H.J. SCHELLNHUBER (2007): *Der Klimawandel*. (C.H. Beck) München.
- REUBER, P. u. H. GEBHARDT (2007): Wissenschaftliches Arbeiten in der Geographie. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): *Geographie*. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 81-92.
- RIGNOT, E. u. P. KANAGARATNAM (2006): Changes in the Velocity Structure of the Greenland Ice Sheet. In: *Science*, Vol. 311. S. 986-990.
- ROHRBACH, K. (1993): *Alfred Wegener, Erforscher der wandernden Kontinente*. (Verlag Freies Geistesleben) Stuttgart.
- SCHELLNHUBER, H.-J. u. V. WENZEL (Hrsg.) (1998): *Earth System Analysis*. (Springer-Verlag) Berlin Heidelberg.

- SCHÖNWIESE, C.-D. (2007): Klima in der Diskussion. In: GEBHARDT, H. et al. (Hrsg.): Geographie. (Spektrum Akademischer Verlag), Heidelberg. S. 531-533.
- SCHUNKE, E. (1979): Aktuelle thermische Klimaveränderungen am Polarrand der Ökomene Europas – Ausmaß, Ursachen und Auswirkungen. In: *Erdkunde* 33: 282-291.
- STEARNS, L. A. u. G. S. HAMILTON (2007): Rapid volume loss from two East Greenland outlet glaciers quantified using repeat stereo satellite imagery. In: *Geophys. Res. Lett.*, 34
- STEARNS, L.A. u. G.S. HAMILTON (2006): East Greenland Outlet Glaciers: From Ground and Space. In: *The Earth Observer*, published by NASA, Vol. 18, Issue 3
- STERR, H. (2007): Folgen des Klimawandels für Ozeane und Küsten. In: ENDLICHER, W. u. F.-W. GERSTENGARBE (Hrsg.): *Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke.* (DGfG, PIK und Humboldt-Universität zu Berlin) Potsdam. S. 86-97.
- STRAHLER, A.H. u. A.N. STRAHLER (1999): *Physische Geographie.* (Verlag Eugen Ulmer), Stuttgart.
- THANNHEISER, D. U. C. WÜTHRICH (2002): *Die Polargebiete.* (Westermann) Braunschweig.
- THIEDIG, F. (2003): Das Tagebuch des deutschen Polarforschers Hans Frebold (1899-1983) auf der „Godthaab“ während der Dänischen Ostgrönland-Expedition 1931. In: *Polarforschung* 73, 1 (erschienen 2005). S. 15-27.
- ULLRICH, R. (2007): *Grönland! Expeditions-Tagebuch.* (RvR Verlag) Kehl am Rhein.
- VON LA ROCHE, W. (1987<sup>10</sup>): *Einführung in den praktischen Journalismus.* (Ebner) Ulm.
- WAGNER, B. (2000): Seesedimente als Archive der Holozänen Umweltgeschichte Ostgrönlands. *Berichte zur Polarforschung* Nr. 358. (Alfred-Wegener-Institut) Bremerhaven.
- WINIGER, M. (1996): Karakorum im Wandel, in: HURNI et al.: *Umwelt Mensch Gebirge.* Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern, Bern.
- WUTZKE, U. (1997): *Durch die weiße Wüste. Leben und Leistung des Grönlandforschers und Entdeckers der Kontinentaldrift Alfred Wegener.* (Justus Perthes Verlag) Gotha.
- ZÄNGL, W u. S. HAMBERGER (2004): *Gletscher im Treibhaus. Eine Fotografische Zeitreise in die alpine Eiswelt.* (Tecklenborg Verlag). Steinfurt.

## 9.2 Zeitungsartikel & Internetquellen

- ACIA (2004): Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Assessment. Cambridge University Press.  
URL: [www.acia.uaf.edu](http://www.acia.uaf.edu)  
Zuletzt abgerufen am 14.02.2008
- AWI (2005): Polarstern-Expedition dokumentiert Veränderungen in der Arktis. Information des Alfred-Wegener-Institutes für Polar- und Meeresforschung.  
URL: [www.awi.de](http://www.awi.de)  
Zuletzt abgerufen am 19.02.2008
- BERG, M. (1998): „Ja, frisch ist es hier!“ *Nach 17 Monaten Expedition im Eis ist der Abenteurer Arved Fuchs gestern wieder nach Hamburg zurückgekehrt.* In: die tageszeitung, 08.10.1998.
- DEUTSCHER PRESSERAT (2006): PRESSEKODEX VOM 12. DEZ. 1973, FASSUNG VOM 13. SEPT. 2006.  
URL: <http://www.presserat.de/Pressekodex.pressekodex.0.html>  
Zuletzt abgerufen am 14.02.2008
- GATHMANN, F. (2007): Merkel auf Eis.  
URL: <http://www.spiegel.de/politik/deutschland/0,1518,500231,00.html>  
Zuletzt abgerufen am 15.02.2008
- GLCF (GLOBAL LAND COVER FACILITY): Website der Universität von Maryland mit zum Download verfügbaren Satellitenbildern.  
URL: <http://glcf.umiacs.umd.edu>  
Zuletzt abgerufen am 15.02.2008
- NVE: Norwegian Water Resources and Energy Directorate  
URL <http://www.nve.no>  
Zuletzt abgerufen am 22.01.2008
- OVERLAND, J., BENGTTSSON, L., PRZYBYLAK, R. U. J. WALSH (2007): Atmosphere. Arctic Report Card.  
URL <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/atmosphere.html>  
Zuletzt abgerufen am 22.01.2008
- SCHATZ, G. (2007): Erdfieber – Das Unbehagen der Wissenschaft bei der Klimadebatte. In: Neue Züricher Zeitung, 23.07.2007
- SCHRADER, C. (2006): Grönlands Renn-Gletscher. In: Süddeutsche Zeitung, 17.02.2006
- ULRICH, B. (2007): Die Demokratie muss schneller werden. *Die Öko-Diktatur ist ein Gespenst. Den Klimawandel bekommen nur freiheitliche Gesellschaften in den Griff.* In: DIE ZEIT, 20.11.2007
- VORHOLZ, F. (2007): Die Versammlung der Weltveränderer. *Wenn sich die Nationen auf der Klimakonferenz in Bali einig werden, kann die Rettung des Planeten beginnen.* In: DIE ZEIT, 29.11.2007
- ZETSCHKE, S., FALLER, C. u. U. BROICH (2005): Klimawandel in der Arktis. Ein Resümee des ACIA-Berichts. Hintergrundpapier von GERMANWATCH.  
URL: <http://www.germanwatch.org/rio/acia05.htm>  
Zuletzt abgerufen am 14.02.2008