
Norbert W. Roland

Antarktis

Forschung im ewigen Eis

Dr. Norbert W. Roland

Heideweg 5
30938 Burgwedel
nw.roland@arcor.de

Wichtiger Hinweis für den Benutzer

Der Verlag und der Autor haben alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in diesem Buch zu publizieren. Der Verlag übernimmt weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen, für deren Wirtschaftlichkeit oder fehlerfreie Funktion für einen bestimmten Zweck. Der Verlag übernimmt keine Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren, Programme usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag hat sich bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar gezahlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2009
Spektrum Akademischer Verlag ist ein Imprint von Springer

09 10 11 12 13 5 4 3 2 1

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat: Dr. Christoph Iven

Herstellung: Detlef Mädje

Umschlaggestaltung: wsp design Werbeagentur GmbH, Heidelberg

Titelfotografien oben: Camp im Sturm am Priestley-Gletscher, unten: mumifizierte Robbe, Schmelzwasserseen auf Gletschereis, Kaiser-Pinguine, verfaltete Gesteine, der Autor bei der Arbeit, Fotos: Dr. Norbert W. Roland

Fotos/Zeichnungen: Dr. Norbert W. Roland (wenn in den Abbildungsunterschriften nichts anderes angegeben ist)

Satz: klartext, Heidelberg

ISBN 978-3-8274-1875-3

Inhaltsverzeichnis

1	Der 7. Kontinent – Kontinent der Superlative	3	5	Ein Kontinent wächst – der geologische Bau Antarktikas	63
1.1	Begrenzung und kartographische Darstellung	4	5.1	Die alten Kratone der Ostantarktis	64
1.2	Größe der Antarktis	5	5.2	Grenze Kraton/Faltengürtel	73
1.3	Superlative und Besonderheiten der Antarktis	5	5.3	Westantarktische Faltengebirge	77
2	Die Erforschung der Antarktis	13	5.4	Paläozoische Diskordanzflächen – Ausdruck von Zeiten tektonischer Ruhe	81
2.1	Geographische Erforschung	14	5.5	Deckgebirge – die Beacon-Supergruppe	82
2.2	Beginn der geologischen Erforschung	16	6	Ein Superkontinent zerfällt – ein Kontinent wird isoliert	89
2.3	Deutsche Arbeiten in der Antarktis	20	6.1	Indiz für den Gondwana-Zerfall – der Magmatismus der Ferrar-Supergruppe	90
2.4	Die Internationalen Polarjahre	27	6.2	Ein Kontinent wird isoliert – die Entstehung des Südlichen Ozeans	97
2.5	Ziele des 4. Internationalen Polarjahres 2007/08	28	7	Die Prozesse der jüngeren Erdgeschichte – Eis, Feuer und tektonische Beben	111
3	Logistische Herausforderungen zur Erforschung einer neuen Welt	31	7.1	Die Vereisung des 7. Kontinents	112
3.1	Schiffslogistik	32	7.2	Der junge Vulkanismus	117
3.2	Schlittenzüge	36	7.3	Neotektonik	128
3.3	Fluglogistik	38	7.4	Seismizität	133
3.4	Forschungsstationen	40	8	Mineralische Rohstoffe – Eldorado oder Sperrkonto Antarktika?	139
4	Antarktika als Teil des Superkontinentes Gondwana	49	8.1	Schwarze Kohle vom Weißen Kontinent?	145
4.1	Geologische Argumente für den Gondwana-Superkontinent	50	8.2	Eisen aus dem Eis?	147
4.2	Trennung Antarktikas von den übrigen Gondwana-Kontinenten	53	8.3	Erdöl unter dem Eis?	148
4.3	Antarktische Platte	53			

8.4	Metallrohstoffe	151	12.5	Weitere Entdeckungen subglazialer Seen	233
8.5	Metallische Rohstoffe vom Meeresboden	154	12.6	Neue Technologien zur Erforschung subglazialer Seen	233
8.6	Rohstoff Eis – Eisberge als Süßwasserquelle?	154	13	Wie ewig ist das Ewige Eis?	237
8.7	Bewertung des Rohstoff-Potenzials der Antarktis	155	13.1	Meereis im Wechsel der Jahreszeiten	238
8.8	Ausblick auf eine zukünftige Entwicklung	158	13.2	Eisschilde: Eispanzer der Antarktis .	240
9	Antarktika – und seine Beziehungen zu Mond, Mars und dem Jupitermond Europa .	161	13.3	Rückzug der Eisströme, Zerfall der Schelfeistafeln – wie reagieren die Eisschilde?	244
9.1	Meteoriten – Zeugen aus dem All konserviert im ewigen Eis	162	13.4	Sorgenkinder Westantarktischer Eisschild und Antarktische Halbinsel	250
9.2	Vergleiche zwischen dem Weißen Kontinent und dem Roten Planeten .	169	13.5	Eisschelfe: Wiege der Tafeleisberge	254
9.3	Antarktika – Lake Vostok und der Jupitermond Europa.	173	13.6	Einfluss von Eisbergen auf Sedimente: Pflüge für den Meeresboden und Eistransport . . .	257
10	Leben vor dem Eis.	175	13.7	Inlandeis: Glücksfall für Megacities am Meer	258
10.1	Fossile Pflanzen	177	14	Klima im Wandel – Gefahr für Antarktika?	263
10.2	Fossile Invertebraten (Wirbellose) .	181	14.1	Polarregionen: Schlüsselgebiete für Klimavariationen	264
10.3	Fossile Vertebraten (Wirbeltiere) . .	184	14.2	Eiszeiten – Sonderfälle in der Klimageschichte der Erde	264
11	Leben mit dem Eis – extrem angepasste Lebensgemeinschaften	193	14.3	Ursachen für Klimaänderungen . . .	267
11.1	Die antarktische Flora	194	14.4	Der Mensch: Verursacher oder Leidtragender der Klimaänderung? .	272
11.2	Die antarktische Fauna	201	14.5	Können Selbstheilungskräfte der Natur unser Klima retten?	273
11.3	Fremdes Leben in der Antarktis – Aliens als Gefahr!	218	14.6	Ein Appell des IPCC an die „Policy Maker“	274
12	Seen unter dem Eis	223	14.7	Die Rolle des CO ₂ in der Klimadiskussion	276
12.1	Neue Methoden glaziologischer Forschung	224	15	Ein Loch im Schutzschild . . .	283
12.2	Überraschende Ergebnisse: Seen unter dem Eis	225	15.1	Die Entdeckung des Ozonlochs . . .	284
12.3	Lake Vostok – ein Glücksfall für die Wissenschaft: Neue Forschungsziele.	226	15.2	Mechanismus der Ozonadünnung .	285
12.4	Was ist bisher über Lake Vostok bekannt?	229	15.3	Die besondere Rolle der Pole	286

15.4	Ozon – vertikale Verteilung und zeitliche Veränderung	288	17	Politik für 60 Grad Süd	309
15.5	Gefahren durch den fehlenden Ozon-Schutzschild	290	17.1	Antarktika – Kontinent der Forschung und des Friedens	310
16	Meteorologische Extreme – von stärksten Stürmen und niedrigsten Temperaturen	295	17.2	Wie verwaltet man Antarktika: Gesetze für ein Niemandsland	313
16.1	Bewegte Luftmassen – von Luftschichtung und Windfeldern	296	17.3	Vorfahrt für Pinguine – maximaler Umweltschutz für den 7. Kontinent	317
16.2	Wolken und <i>White Out</i>	300	17.4	Wie wird der Antarktisvertrag durchgesetzt und kontrolliert?	319
16.3	Diamantstaub – von Nebel und Niederschlägen	303	17.5	Das Antarktisvertragssystem und die Vereinten Nationen	320
16.4	Temperaturen – kälter als im Kühlhaus	304	17.6	Ausblick	320
			Register	322	



13 Wie ewig ist das Ewige Eis?

Zur Akkumulation von Eismassen, wie sie das Inlandeis von Grönland oder von Antarktika darstellen, ist das Zusammenspiel verschiedener Parameter erforderlich. Die Jahresdurchschnittstemperatur bzw. die Dauer von jahreszeitlichen Kaltphasen ist nur ein Parameter. Die Dauer der täglichen bzw. der jährlichen Sonneneinstrahlung, die Niederschlagsmengen und die Topographie haben ebenfalls einen wesentlich Einfluss auf die Bildung von „ewigem Eis“ und selbst Meeresströmungen steuern das Klima wie an der Auswirkung des Golfstromes auf Skandinavien und Spitzbergen oder des antarktischen Zirkumpolarstroms auf den 7. Kontinent zu erkennen ist. Die Veränderung eines Parameters kann auf Dauer zu einem Abschmelzen oder zu einer Ausdehnung der Eismassen führen. Das Wetter spielt keine Rolle. Temperaturen oder Niederschlagsmengen können von Jahr zu Jahr stark schwanken – ohne Auswirkung. Sind aber Trends in den Messreihen zu erkennen, dann kann dies ein Hinweis auf einen Klimawandel sein – und ein Trend ist in den Temperaturaufzeichnungen der letzten Jahrzehnte zu erkennen.

Klimawandel hat es in der erdgeschichtlichen Vergangenheit oft gegeben, und damit auch Warmzeiten und Kaltzeiten. In Kap. 14 wird auf das Problem Klimawandel näher eingegangen, Klimawandel, der zu Kalt- und Warmzeiten in der geologischen Vergangenheit führte, und auf die heutigen Indizien für einen Klimawandel. In diesem Kapitel steht zunächst die Veränderlichkeit der Eismassen der Antarktis im Mittelpunkt, also Meereis, Eisschilde, Eisströme und Gletscher und die Schelfeistafeln.

- ◀ Schmelzwasserseen oder -flüsse auf weißem Gletschereis fallen durch ihre faszinierend blauen Farben auf, da reines, luftblasenfreies Eis den roten und einen Teil des grünen Spektralbereichs des Sonnenlichts absorbiert und daher vor allem den blauen Anteil reflektiert. Schmelzwässer auf den Gletschern, so schön sie aussehen, sind jedoch auch eine Gefahr für die Stabilität von Gletschereis oder Schelfeistafeln.

13.1 Meereis im Wechsel der Jahreszeiten

In der Arktis ist seit etwa 1970 ein deutlicher Rückgang der sommerlichen Meereisbedeckung zu beobachten, pro Jahrzehnt etwa 8%. Dieser Vorgang scheint sich in den letzten Jahren noch verstärkt zu haben. Aber nicht nur die Ausdehnung der Meereisfläche hat sich verringert, sondern auch die Dicke des Eises. Im zentralen Arktischen Ozean hat die Eisdicke nach Eisecholotmessungen vom U-Boot aus den Jahren 1958–1976 und 1993–1997 um 43% abgenommen, im Mittel von 3,1 auf 1,8 m (Rothrock et al. 1999). Eine großflächige Erwärmung der Arktis – in Alaska und Westkanada um 3–4 Grad über den langjährigen Mittelwert (ACIA 2005), Luftdruckänderungen und eine Verlagerung des Transpolarstroms sind hierfür verantwortlich. Aber wie sieht es in der Antarktis aus? Können einige wenige Grad Erwärmung in der Eiskammer der Erde zu deutlichen Veränderungen führen?

Während in der Arktis von 1978 bis 1996 die sommerliche Meereisfläche um 34.500 km² geschrumpft ist, soll in der Antarktis die eisbedeckte Fläche nach Auswertungen von Satellitenbildern leicht zugenommen haben, von 1978 bis 1996 z. B. um 1,3% bzw. um 14.300 km². Dies ist umso verwunderlicher, als in der Mitte der siebziger Jahre ein leichter Rückgang der von Eis bedeckten Fläche auch in der Antarktis ermittelt worden war. Für die neuerliche Zunahme macht man etwas kühlere Wassertemperaturen verantwortlich. Inzwischen steht allerdings auch fest, dass die Änderungen in der Antarktis nicht gleichsinnig verlaufen, d. h. dass im Bereich der Antarktischen Halbinsel Eisschelfe und Gletscher anders reagieren als in der Ostantarktis. Generell muss eine gesamte Massenbilanz betrachtet werden, die Meereis und Inlandeis umfasst. Eine kurzfristige Ausdehnung des Meereises kann durch einen stärkeren Nachschub von Inlandeis ausgelöst werden. Neben der Fläche ist vor allem die Eisdicke ein wichtiger Parameter. Über Änderungen in der Eismächtigkeit ist aber bisher zu wenig bekannt. Diese ist generell schwierig zu ermitteln, da Wind und Strömungen die

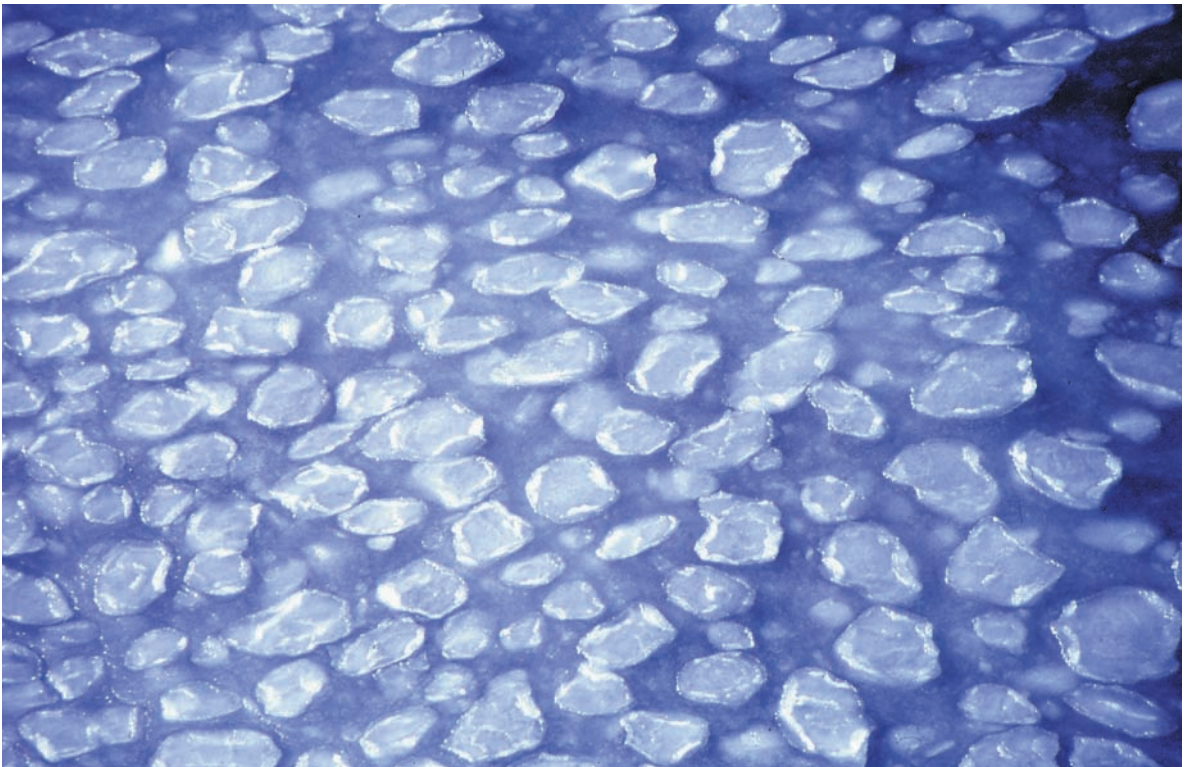


Abb. 13.1 Das Überfrieren des Meeres beginnt mit der Bildung von Pfannkucheneis, einer dünnen Eisschicht, die durch eine leichte Dünung aufgebrochen wird. Durch das Aneinanderreiben der Schollen entsteht die charakteristische Pfannkuchenform mit leicht aufgeworfenen, gestauchten Rändern.

Eismassen nach dem Aufbrechen im Oktober/November zusammentreiben oder verteilen können und flächendeckende Messungen bisher kaum möglich waren. Mit Cryosat der *European Space Agency* (ESA) hätte hier eine wichtige Kenntnislücke geschlossen werden können, wäre der Satellit nicht am 8. Oktober 2005 nur wenige Minuten nach dem Start im nördlichen Russland über dem Arktischen Ozean abgestürzt. Die Mission wurde allerdings als so prioritär eingestuft, dass die ESA den 140 Millionen teuren Satelliten nachbauen und mit Cryosat-2 voraussichtlich 2008/2009 einen weiteren Versuch unternehmen will. Die ICESat-Mission (*Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite*), Teil des *Earth Observing Systems* der NASA, misst das Freibord, also die aus dem Wasser herausragende Höhe, der Eisschollen mit dem Laseraltimeter GLAS (*Geoscience Laser Altimeter System*). ICESat kann aber nicht wie das Radaraltimetersystem des Cryosat durch die Wolken hindurch messen. Die Möglichkeiten zur systematischen Messung sind daher mit ICESat stark eingeschränkt. Genau dies ist aber dringend erforderlich, dass flächendeckend in einem möglichst engen

Zeitfenster gemessen wird, um vergleichbare Werte zu erhalten.

Am Ende des Südsommers, also im Februar/März, beginnt sich infolge der tiefen Luft- und Wassertemperaturen neues Meereis aus Meerwasser zu bilden, ein Eisbrei (*slush ice*), der überfriert und, durch eine leichte Dünung bewegt, wieder aufbrechen kann. Die Bewegung der kleinen Eisschollen gegeneinander führt zu einer Aufstauchung an den Rändern und zu einer Abrundung: Das typische Pfannkucheneis (*pancake ice*) entsteht (Abb. 13.1). Während des Südwinters verdickt sich das Eis und seine Ausdehnung wächst. Dieser Zuwachs an Eis während des Winters ist jedoch nur von vorübergehender Natur. Es ist vor allem die Dünung nach kräftigen Stürmen im November und Dezember, die das ein- oder auch mehrjährige Eis wieder in oft regelmäßig und gradlinig begrenzten Platten aufbrechen lässt (Abb. 13.2) und seine Verteilung durch Wind und Meeresströmungen ermöglicht. Während die Ausdehnung des Meereises also sehr variabel ist (siehe Kap.1, Abb. 1.2, Abb. 1.3) mit einer maximalen Fläche im September von $18\text{--}22 \times 10^6 \text{ km}^2$ und einem Minimum im

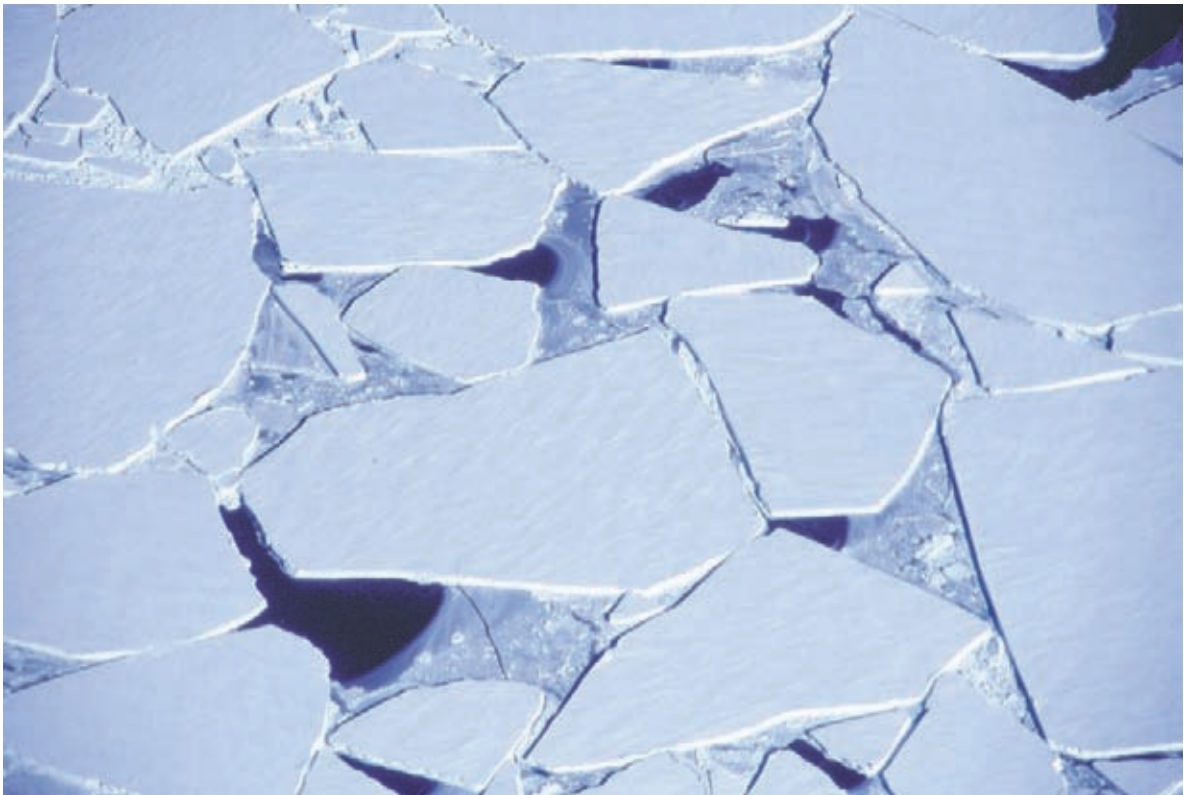


Abb. 13.2 Wenn das Meereis im südlichen Frühjahr (November/Dezember) aufbricht, bilden sich meist regelmäßig begrenzte Schollen, die dann durch Wind und Meeresströmungen zu Packeisfeldern zusammengesoben werden können.

Februar von $3-4 \times 10^6 \text{ km}^2$ (nach Haas 2006, SCAR 2006) gilt der Eispanzer, der das Innere Antarktikas bedeckt, als sehr stabil.

13.2 Eisschilde: Eispanzer der Antarktis

Die uhrglasförmige Aufwölbung der Eismassen lässt uns von Eisschilden sprechen, wobei zwischen dem Ostantarktischen Eisschild und dem Westantarktischen Eisschild unterschieden wird, die durch das Transantarktische Gebirge getrennt werden (Abb. 1.4).

- Der Ostantarktische Eisschild (*East Antarctic Ice Sheet, EAIS*) erreicht Höhen von 4030 m. Die relativ ebene Topographie wird von einigen lokalen „Domen“ (z. B. Dome C) unterbrochen. Diese Dome sind durch lang gestreckte Eisscheiden (*ice divides*) verbunden, die den Eisschild gliedern und einige Gletschereinzugsgebiete abgrenzen (Abb. 13.3), so auch das größte Gletschereinzugsgebiet der Erde um den Lambert Glacier. Der Ostantarktische Eisschild liegt auf einer zusammenhängenden Festlandsmasse. Einige Gebirge, z. B. in Dronning Maud Land, vor allem aber das Transantarktische Gebirge parallel zum Ross-

Meer, behindern den Abfluss und sorgen für einen Rückstau des Eises. Die Auslassgletscher, die die Gebirgskette durchbrechen, können Fließgeschwindigkeiten von über 100 m pro Jahr erreichen.

- Der Westantarktische Eisschild (*West Antarctic Ice Sheet, WAIS*) ist weniger mächtig. Er erreicht lediglich Höhen von 2400 m. Er wird auch als Mariner Eisschild bezeichnet, da er den „Westantarktischen Archipel“, eine Inselgruppe (Abb. 13.4) mit Wassertiefen von über 2500 m, überlagert.
- Als dritte glazialgeologische Einheit und getrennt von den großen Eisschilden zu betrachten ist zudem die Antarktische Halbinsel, die am weitesten nach Norden ragt (bis $62,5^\circ\text{S}$), dem Einfluss des Meeres stärker ausgesetzt ist und die am sensibelsten auf Klimavariationen reagieren wird. Die Antarktische Halbinsel ist nicht direkt von einem zusammenhängenden Eisschild überwölbt. Sie trägt einzelne Gletscher sowie Eiskappen und wird von kleinen Eisschelfen gesäumt, die jedoch an vielen Stellen nachweislich in den letzten Jahren verstärkt abgebrochen sind und derzeit schrumpfen (siehe Kap. 13.4).

Bei allen Modellrechnungen über Klimavariationen und Meeresspiegelanstiege kommen den Eisschilden – dem grönländischen und den antarktischen – Schlüsselrollen zu.

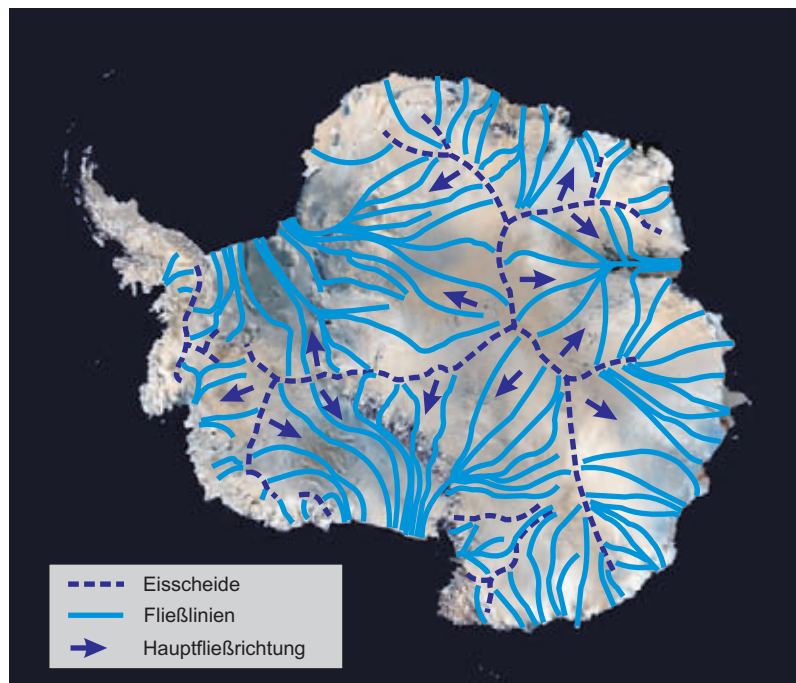


Abb. 13.3 Die Eisscheiden Antarktikas begrenzen die Einzugsgebiete von einzelnen Gletschern bzw. Eisströmen. In Blau: Fließlinien. (Verändert nach Drewry 1983, Satellitenbildmosaik: NASA).

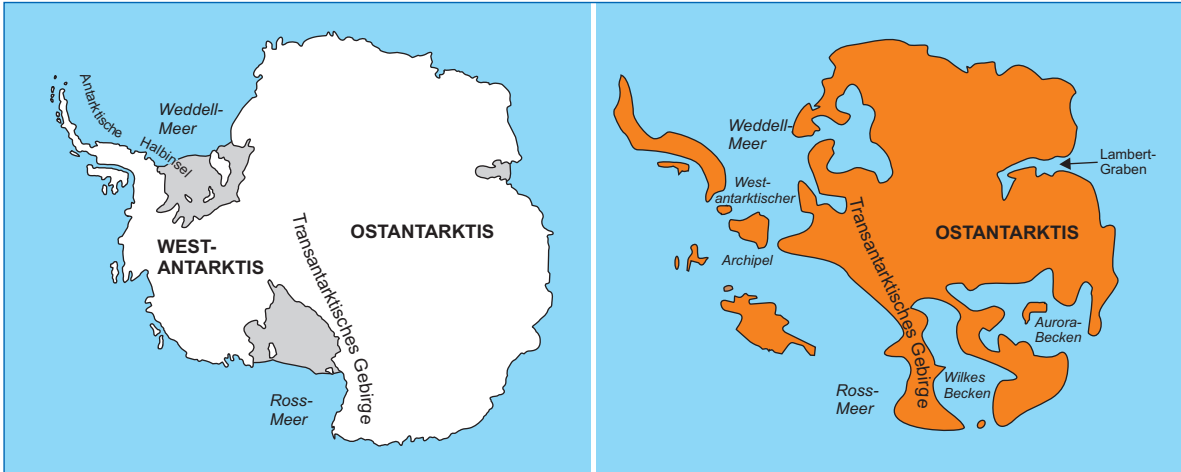


Abb. 13.4 Die Umrissform der Antarktis mit Eispanzer (links) und ohne Eispanzer (Meeresspiegelanstieg und isostatische Ausgleichsbewegungen sind nicht berücksichtigt). Während die Ostantarktis ein zusammenhängender Block ist, der von Aurora- und Wilkesbecken gegliedert ist, besteht die Westantarktis aus einem Archipel.

Das antarktische Inlandeis bildet die größten zusammenhängenden Eismassen der Erde und bedeckt eine Fläche von ca. 13.595.000 km². Weitere Superlative: Nach neueren Berechnungen sind 26.370.000 km³ Eis (Mayer & Oerter 2006) hier gebunden, das sind die größten Süßwasservorräte der Welt – genauer, über 80% der Süßwasservorkommen auf der Erdoberfläche befinden sich in der Antarktis. Dies wird etwas verständlicher, wenn man sich die Mächtigkeit des Eises bewusst macht, das auf einem Kontinent größer als Europa lagert und das fast 5 km Mächtigkeit erreichen kann. 4776 m sind in Adélieland (Ostantarktis) auf der Position 69°54' S, 135°12' E gemessen worden. Ein Abschmelzen der antarktischen Eismassen würde den Meeresspiegel um ca. 61 m steigen lassen (zusammen mit dem grönländischen Inlandeis fast 70 m). Dies unterstreicht die Bedeutung der glaziologischen Geoforschung, die sich mit der Massenbilanz des Inlandeises beschäftigt. Die Aussagen sind zum Teil noch widersprüchlich. Man versucht daher mit neuen Technologien zu schlüssigeren Ergebnissen zu kommen. Während bisher überwiegend Altimeterdaten, also sehr präzise Höhenmessungen von Satelliten, für eine Massenbilanz herangezogen wurden, wird inzwischen auch die Schweremessung (Gravimetrie) genutzt, nachdem am 17.03.2002 die Zwillingssatelliten „Tom & Jerry“ für GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*), ein gemeinsames Projekt von DLR und NASA, gestartet wurden. Für den Zeitraum zwischen 1992 und 2003 hatte man für die Ostant-

arktis noch einen Zuwachs von 45 Milliarden Tonnen Eis berechnet. Nach ersten GRACE-Ergebnissen ist die Massenbilanz leicht negativ, d. h. dass die Antarktis jedes Jahr Eis verliert, und zwar im Zeitraum 2002 bis 2005 jährlich 152 ± 80 km³. Dieser Eisverlust soll mit $0,4 \pm 0,2$ mm pro Jahr zum Meeresspiegelanstieg beitragen – zusätzlich zu der thermischen Expansion des Meerwassers, die etwa 1,8 mm beträgt (Velicogna & Wahr 2006).

Genährt werden die Eisschilde durch Schneefall. Erst die Kompaktion durch immer neue Schneefalllast lässt die Schneekristalle, die oft als Einkristalle zur Erde flirren (*diamond dust*) und nicht als dicke Schneeflocken fallen, zu solidem Gletschereis umkristallisieren. Eingeschlossene Luftbläschen stellen hervorragende Klimaarchive dar und erlauben es, z. B. die CO₂- oder Methangehalte der Luft bis vor ca. 890.000 Jahren (in der Eisbohrung Dome C, in einer Tiefe von 3272 m) zurück zu ermitteln. Derart altes Eis wird vor allem im Bereich der Eisscheiden angetroffen, wo die Fließgeschwindigkeit äußerst gering ist.

Der Schwerkraft folgend fließt das Inlandeis zum Meer hin ab, wobei die Beschaffenheit des Untergrundes – rauher, fester Fels oder plastisch deformierbares Sediment, trockene Basis oder durch Schmelzwasser „geschmiert“ – durchaus einen Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit hat. Außerdem hat die Art des Untergrundes einen Einfluss auf die Erosionskraft des Eises. Früher dachte man, dass Gletscher generell eine „kalte“, trockene Basis hätten, da die Eis-

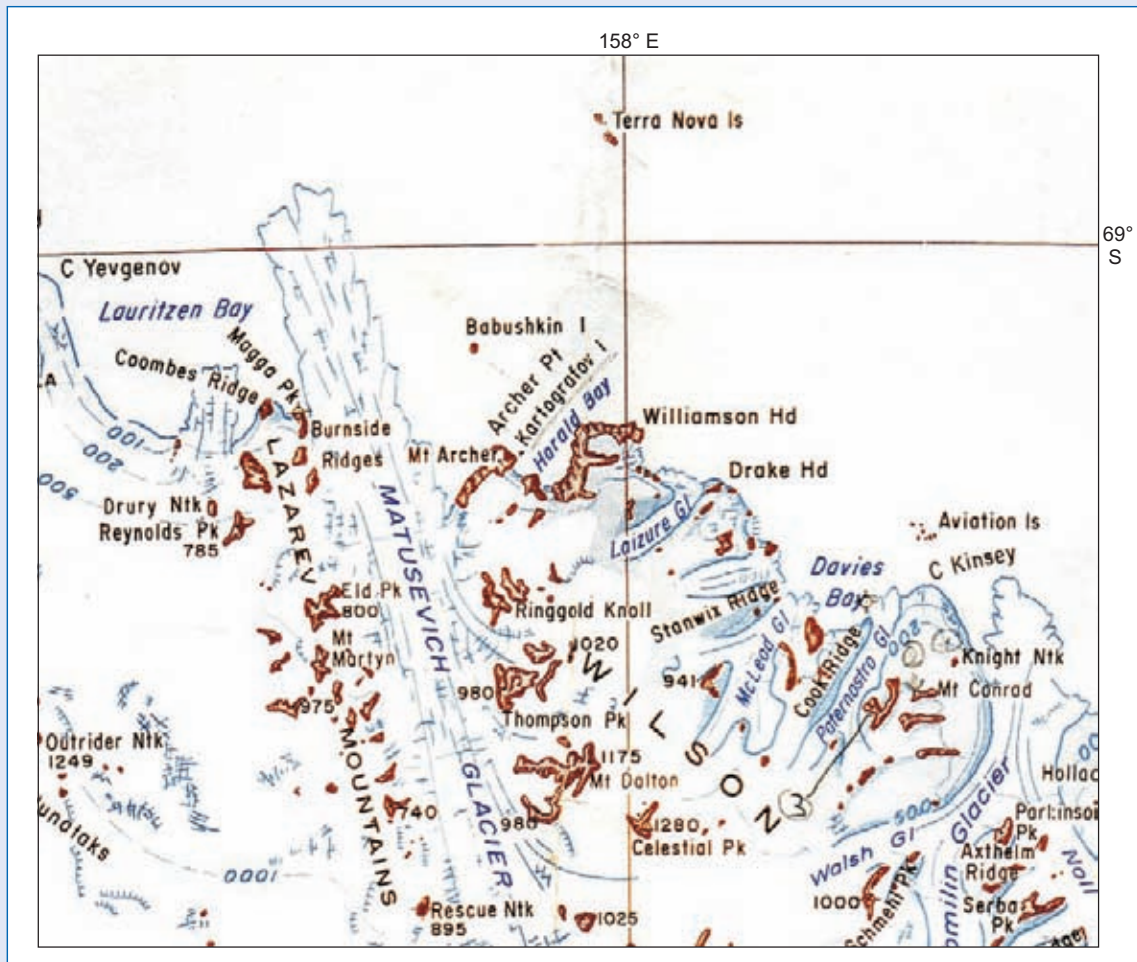
Exkurs 13.1

Inseln, die es nicht gibt – die Terra Nova Islands

Auch heute sind noch Geographische Einheiten wie Berge, Gletscher oder auch Inseln in der Antarktis zu entdecken und es können Namen von den Expeditionsmitgliedern vorgeschlagen werden, die nach Durchlaufen eines innerstaatlichen Genehmigungsverfahrens offiziellen Charakter haben. In Deutschland heißt das für die Antarktis Billigung durch den deutschen Landesausschuss SCAR nach vorhergehender Prüfung auf Korrektheit durch den Ständigen Ausschuss für Geographische Namen. So wurden auch Inseln von einer ANARE (*Australian National Antarctic Research Expedition*) gesichtet, die dann Eingang in amtliche Karten fanden (s. Abbildung unten). Außerdem wurden sie im *Antarctic Pilot* der Royal Navy (1974, S. 236) beschrieben und sie sind ebenfalls in Alberts (1981), dem Namensverzeichnis aller in der Antarktis benannten Geographischen Objekte

aufgeführt als „Terra Nova Islands 66°53' S. 157°57' E. Zwei kleine Inseln, die vor der antarktischen Küste etwa 14 Meilen nördlich von Williamson Head liegen, gesichtet von der *Magga Dan* am 8. März 1961, durch ANARE unter Phillip Law ...“

Law (1964, S. 38) hatte die Entdeckung folgendermaßen beschrieben: *“I was able to take some interesting bearings of features along the coast and also discovered two small islands about 8 miles to the west of the ship’s position. I called these the Terra Nova Islands after Pennell’s ship ...”* („Ich war in der Lage einige interessante Merkmale entlang der Küste anzupeilen und entdeckte auch zwei kleine Inseln ungefähr 8 Meilen westlich der Position unseres Schiffes. Ich nannte diese die Terra Nova Islands nach Pennells Schiff ...“). Für geologische Untersuchungen sollten diese



Inseln während GANOVEX V der BGR aufgesucht und kartiert werden, außerdem wollten die Geologen dort mit einem Hubschrauber landen, um Gesteinsproben zu nehmen.

Statt dessen wurde am 23. Februar 1989 folgendes Telex von der Polar Queen für die Presse an die BGR in Hannover geschickt:

23. 2. 89

die terra nova islands existieren nicht.

eine interessante entdeckung, die zeigt, wie unvollstaendig auch heute noch teile der antarktischen kueste bekannt sind bzw. wie wenig gesichert 'bekanntes' ist, wurde am letzten tag der arbeiten vor der kueste von oates land waehrend der antarktisch- expedition ganovex v gemacht.

zum abschluss der geologischen erkundung von oates land sollten die terra nova islands kartiert und gesteinsproben fuer wissenschaftliche untersuchungen genommen werden. diese inselgruppe wird in 'the antarctic pilot' beschrieben als 'zwei kleine inseln ca 1 1/4 meilen von einander entfernt, die etwa 17 meilen noerdlich von archer point liegen'.

der 'antarctic pilot', herausgegeben von der hydrographischen abteilung der englischen marine, beschreibt die antarktische kueste und alle inseln suedlich der ueblichen schiffahrtsrouten und gilt als standardwerk fuer die seefahrt in antarktischen gewaessern.

da die inseln in den vorausgegangenen tagen weder bei hubschrauberfluegen laengs der kueste geortet werden konnten, noch von bord des ganovex-expeditionsschiffes 'polar queen', das sich am abend des 22.2.89 bis auf 2 meilen der position der inseln genaehert hatte, fuehrte ich am morgen des 23.2., gemeinsam mit dem kapitaen der 'polar queen' peter brandal, und dem piloten trevor mcgowan einen erkundungsflug durch. ein ueber 15 x 20 km² grosses gebiet wurde in 5000 ft hoehe in einem raster abgeflogen, die uneingeschraenkte fernsicht erlaubte ein noch weitaus groeßeres gebiet zu ueberschauen. waehrend andere inseln, wie die im osten liegenden, nach den karten viel kleineren aviator islands oder die im sueden liegende babusnkin island deutlich erkennbar waren und selbst das schiff sich noch aus ueber 10 km entfernung von packeisfeldern abhob, war von den terra nova islands keine spur zu entdecken.

fazit: die inseln existieren nicht und sind wieder aus den antlichen karten zu streich...

die terra nova islands waren erstmals am 8.3.1961 auf einer australischer antarktisch-expedition in einer entfernung von 15 km von dem expeditionsschiff 'magga dan' gesichtet worden. seit dieser zeit sind sie in die antlichen topographischen karten eingetragen. es kann nur vermutet werden, dass zwei eisberge irrtuemlich als inseln angesprochen wurden.

n.w. roland

923730 bgrha d
1311245 ljjd x
.....

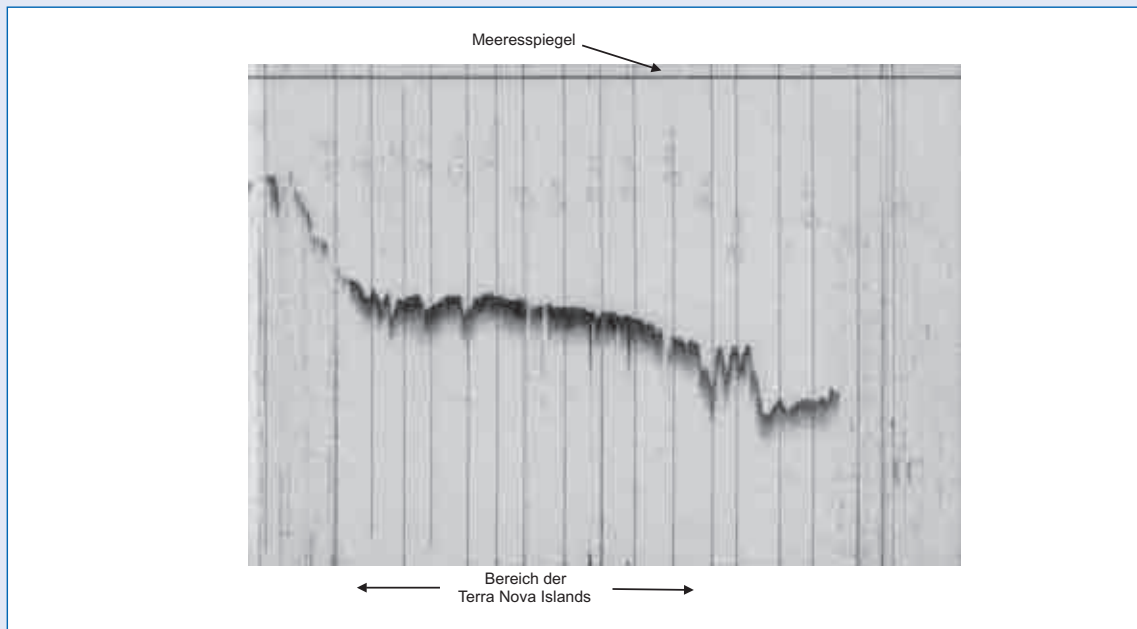
db boader **TELEX** telexcopy plus

telexcopy plus **TELEX** db boader

Exkurs 13.1 Fortsetzung

Die Position der Insel wurde bei laufendem Echolot des Expeditionsschiffes gequert. Es sind Wassertiefen von 170–355 m im Bereich der „Terra Nova Islands“ ermittelt worden (s. Abbildung unten). Bei den späteren Expeditionen GANOVEX VII und GANOVEX VIII, die an die Oates Coast führten, konnte nur bestätigt werden, dass diese Inseln nicht existieren –

auch nicht im weiteren Umkreis der angegebenen Position bzw. von Archer Point bzw. Williamson Head. Sie wurden daraufhin nicht mehr in die geologische Karte 1:250.000 dieses Gebietes übernommen (Roland et al. 2001).



mächtigkeit zu gering sei, als dass der Auflastdruck eine Aufschmelzung bewirken könnte. Das am Untergrund quasi festgefrorene Eis sollte sogar vor Erosion schützen. Heute weiß man, dass dies nicht der Fall ist. Schmelzwasser sammeln sich an der Basis und Scherkräfte an der Sediment- bzw. Fels-Eis-Grenzfläche können erhebliche Mengen Erosionsschutt in das Gletschereis inkorporieren. Durch die mitgeführten großen Mengen an Sediment (Staub, Sand, große Geschiebeblöcke) vermögen gestrandete Eisberge sogar die Existenz von Inseln vorzutauschen (siehe Exkurs 13.1).

Nur in wenigen Einzelfällen enden Gletscher in abflusslosen Senken, wie z. B. in den Trockentälern (*Dry Valleys*) im Victoria-Land. In den meisten Fällen schieben sie sich als Gletscherzungen ins Meer vor oder speisen Schelfeistafeln. Das Kalben, also das Abbrechen an den Schelfeistafeln, führt zur Bildung der für die Antarktis so typischen Tafelberge.

13.3 Rückzug der Eisströme, Zerfall der Schelfeistafeln – wie reagieren die Eisschilde?

Die Gletscher vor allem der Ostantarktis sind nicht vergleichbar mit denen z. B. der Alpen. Da es sich um völlig andere Dimensionen handelt, wäre der Begriff Eisstrom in den meisten Fällen geeigneter (siehe Exkurs 13.2). Diese Gletscher, so schätzt man, machen etwa 10% des Inlandeises aus, ihre Grenzen sind aber in den meisten Fällen schwer zu definieren. Sie können über 100 km breit, 2000 m mächtig und hunderte Kilometer lang sein. Der größte Gletscher der Erde, der Lambert Glacier in der Ostantarktis reicht rund 600 km ins Innere der Ostantarktis und drainiert zusammen mit dem Amery Ice Shelf Basin eine Fläche von beinahe einer Million km². Der schnellere Abfluss des Inlandeises durch den Lambert Glacier führt zu einer Absenkung des Eisniveaus (einen



Abb. 13.5 Der Manning Glacier speist den Lambert Glacier vor allem durch Schmelzwasser. Die Eismassen sind nicht mehr in der Lage, die Seitenmoräne des Lambert Glacier zu verschieben, so dass diese nicht als Mittelmoräne weitergeführt wird. Das Gletschereis zerfällt quasi *in situ* weil der Nachschub zu gering ist.

„Absenkungstrichter“). Dies verschafft den Geologen in den südlichen Prince Charles Mountains Zutritt zu Gesteinen im küstenferneren Gebiet der Ostantarktis. Und hier, über 400 km im Landesinneren, konnten Quartärgeologen während PCMEGA (*Prince Charles Mountains Expedition of Germany & Australia*) z. T. mehr als 600 m über dem heutigen Eisniveau Moränenreste, also eistransportiertes Material, finden. Seit der Ablagerung dieser glazigenen Sedimente ist der „Eisspiegel“ um fast 700 m abgesenkt worden. Das Alter der Moränen konnte auf 9000 Jahre (z. T. aber auch erheblich älter) bestimmt werden. Seit dieser Zeit hat sich das Eisvolumen zumindest im Einzugsbereich des Lambert Glacier also drastisch verringert. Man hat festgestellt, dass es durchaus erhebliche Schwankungen bei den Eishöchstständen in der jüngeren, känozoischen, Erdgeschichte gegeben hat (White & Hermichen 2007). Noch drastischer scheinen die Eisrückgänge im Transantarktischen Gebirge zu sein, denn Moränenreste werden bis zu 1500 m über dem heutigen Eisniveau angetroffen. Hier überlagern sich aber zwei Prozesse, zum einen der Eisrückgang, zum anderen eine Heraushebung des Gebirges, so dass die Differenz zwischen oberstem Moränenniveau und heutigem Eisstand

nicht nur auf ein Abschmelzen des Eises zurückzuführen ist.

Eine andere Beobachtung aus den südlichen Prince Charles Mountains: Der Tingey Glacier im Mawson Escarpment – ein Seitengletscher des großen Lambert-Eisstromes – wird von einer Seitenmoräne des Lambert Glacier abgeschnitten, d. h. die Eismassen des Tingey Glacier schieben sich nicht in den Lambert Glacier vor, so dass dadurch dessen Seitenmoräne zur Mittelmoräne wird. Der Tingey Glacier hat zu wenig Nachschub. Etwas weiter nördlich im Mawson Escarpment: Neben dem Gletschereis des Manning Glacier sammelt sich Schmelzwasser in einem Bach, der nun den Lambert Glacier speist. Das Eis des Manning Glacier scheint in seinem Unterlauf *in situ* zu zerfallen (Abb. 13.5).

Während GANOVEX IX (*German Antarctic North Victoria Land Expedition, 2005/2006*) wurden auch im Bereich von Cape Hallett kleinere Bäche angetroffen (Abb. 13.6). Auch „blaue Seen“ und „blaue Flüsse“ (Abb. 13.7) waren in der Vergangenheit weniger häufig auf den Gletschern zu beobachten. Das faszinierende Blau, das durch die selektive Absorption der roten und z. T. grünen Wellenlängen des Spektrums hervorgerufen wird, signalisiert Schmelz-



Abb. 13.6 Bäche waren früher nie in Nord-Victoria-Land zu beobachten. Sie zeigen, dass die sommerlichen Temperaturen Schmelzprozesse einleiten.



Abb. 13.7 Auffallend die Schmelzwässer, die sich auf den Gletschern sammeln, kleine Seen oder mehrere Meter breite Bäche bilden und eine leuchtend blaue Farbe zeigen.



Abb. 13.8 Die sommerlichen Schmelzwässer können so stark sein, dass sie Sand und Geröll über einen Gletscher transportieren und die Spaltensysteme des Gletschers auffüllen.

Abb. 13.9 Ein Toteisloch (Söll) auf Tarn Flat südlich des Reeves Glacier in Nord-Victoria-Land. Die stufigen Hänge zeigen das Nachsacken der Sedimente mit zunehmendem Schmelzen des unter glazigenem Schutt begrabenen Toteises.



prozesse. Das Schmelzwasser weitet beim Abfließen durch Gletscherspalten diese auf und beschleunigt den Zerfall des Gletschers, vor allem wenn sich die Spalten wegen einer zu geringen Fließgeschwindigkeit des Eises nicht wieder schließen. Nicht nur Schmelzwassertümpel gibt es zum Teil in großer Zahl auf den Gletschern. Man kann auch beobachten, dass ein Schmelzwasserbach erodierend wirkt, seine Sedimentfracht über den Gletscher schüttet und die Gletscherspalten mit Sediment auffüllt (Abb. 13.8).

Von Tarn Flat, einem flachen Vorland in Meeresebene südlich des Reeves Glacier in Nord-Victoria-Land hat sich das Eis bereits zurückgezogen und eine eiszeitliche Landschaft mit runden Toteislöchern (Sölle) und lang gestreckten Rücken (Kames) (Abb. 13.9 und Abb. 13.10) hinterlassen, wie sie nach der letzten Vereisung auch für Norddeutschland typisch waren. Solche „Oasen“ verstärken den Eistrückzug durch die Herabsetzung der Albedo, der Rückstrahlung des Sonnenlichts an der Eisoberfläche, d. h. der

Abb. 13.10 Langgestreckte Sedimentgesteinswälle (Kames) und Toteislöcher sind typisch für glazial geprägte Landschaften nach der Freigabe durch das Eis. Dieser glaziale Formenschatz ist auch typisch für Norddeutschland, wo er allerdings durch Böden und Vegetation weniger deutlich wird.



Eisrückzug wird durch eine immer größer werdende Fläche, die sich bei Sonneneinstrahlung erwärmt, noch verstärkt.

2005 brach das Meereis in der Terra Nova Bay am Ross-Meer früher auf als in den vergangenen Jahren. Die Brandung nagte an der Zunge des Campbell Gletscher und sorgte für permanente Eisabbrüche, so dass erstmals Klippen freigelegt wurden, die seit Bestehen der Gondwana-Station 1983 noch nie beobachtet worden waren (Abb. 13.11). Hat man bei früheren Expeditionen Hinweise auf Schmelzprozesse und negative Massenbilanzen weniger beachtet? Oder sind außer auf der Antarktischen Halbinsel inzwischen auch in Nord-Victoria-Land sichtbare Anzeichen einer Erwärmung zu beobachten? Nun mag die Saison 2005/2006 wärmer gewesen sein als der normale Jahresdurchschnitt, dennoch sind Veränderungen auch für einen Nicht-Glaziologen festzustellen.

Es gibt Langzeitbeobachtungen, die in der Tat belegen, dass sich Gletscher zurückziehen, Eisschelfe kleiner werden oder gar zerfallen. Der *World Glacier Monitoring Service* (WGMS des Umweltprogramms der UN, UNEP) sammelt global Daten über das Verhalten von Gletschern. Nach Informationen vom 29. Januar 2007 schmolzen zwischen 2000 und 2005 die Gletscher 1,6 mal so schnell ab wie durchschnittlich in den 1990er und 3 mal so schnell wie in den 1980er Jahren. Die durchschnittliche Abnahme der Eisdicke von 30 Referenzgletschern aus 9 Gebirgsketten der Erde liegt seit 1980 bei ca. 10,5 m (UN News Centre 2007). Die Gletscherrückgänge bzw. die Abnahme von Eismächtigkeiten sind also nicht auf die Polargebiete beschränkt.

Die langfristigen Änderungen im Laufe von Jahrtausenden bzw. Jahrmillionen sind keineswegs nur von akademischem Interesse, besonders da man –



Abb. 13.11 Durch eine deutliche Rückverlagerung der Campbell-Gletscherzunge in der Saison 2005/2006 wurden erstmals vor der Gondwana-Station kleine, weniger als 200 m² messende Inselchen (Schären) freigelegt, die bei früheren Aufenthalten auf der Station nicht beobachtet wurden.