

## Mitteilungen

### Die Entwicklung der Eisberg-Forschung und ihre eventuelle Anwendung

Von Peter Schwerdtfeger\*

**Zusammenfassung:** Die Eisberge der Antarktis wurden lange vorsichtig gemieden und wissenschaftlich kaum beachtet. Erst mit der Erkenntnis ihrer potentiellen Verwendung als wertvolle Süßwasser- und Energiequellen beschleunigte sich das Interesse von Forschern der verschiedensten Fachgebiete. Die praktische Verwendung der damit plötzlich interessant gewordenen Naturschätze wartet nur noch auf die notwendigen politischen und ökonomischen Entscheidungen.

**Summary:** Antarctic icebergs were long cautiously avoided and rarely scientifically examined. With the recognition of their potential as valuable sources of fresh water and energy, a dramatic surge of interest was manifested by investigators representing a multiplicity of disciplines. The practical application of this natural resource now depends only on politically and economically based decisions.

#### Einleitung

Die Antarktis ist die bedeutendste Eisquelle der Welt. Mit ihren Schelfeisgebieten bildet sie eine eisige Oberfläche von etwa 10M km<sup>2</sup> mit (nach LOEWE 1967) einem durchschnittlichen jährlichen Niederschlag von mehr als 130 mm. Ein Gleichgewicht im Massenhaushalt würde dann die jährliche Trennung von 1300 km<sup>2</sup> Eisbergen bedeuten. Die Haupteisbergquellen liegen am Rande der Schelfeise, wo das Ross-Schelfeis etwa immer noch mehr als 250 m dick ist. Diese Schelfeise, von denen die Ross- und Filchner-Schelfeise eine Gesamtoberfläche von 1M km<sup>2</sup> überschreiten, bilden die Mündungen für die breiten Eisflüsse, die Gletscher, welche bis zu 100.000jähriges Eis aus dem Inland führen. Das eigentliche Eis bildet sich langsam durch die Metamorphose des gefallenen Schnees und lagert sich in der Inlandeisschicht in einer bis zu 5 km mächtigen Masse.

Mit zunehmendem Wassermangel in vielen Erdteilen bietet das Eis der Antarktis einen der wenigen sich selbst erneuernden Naturschätze der Polargebiete. Obwohl ein Einwohner Australiens im Mittel jährlich 200 m<sup>3</sup> Wasser gebraucht, würden sich viele Leute in den ärmeren trockenen subtropischen Ländern über einen Bruchteil dieser Quantität freuen, insbesondere in jenen Regionen, in denen ein spärlicher Niederschlag durch eine überwältigende potentielle Verdunstung vernichtet wird. Die geringfügige Verdunstung in der Antarktis führt dazu, daß das dortige Inlandeis die reichste und beständigste Süßwasserquelle der Erde bildet. Die mittelgroßen Eisberge mit ihren Rauminhalten von ungefähr 0,25 km<sup>3</sup>, Oberflächen von 1 km<sup>2</sup> und Tiefen von 250 m bieten natürliche Verbrauchspackungen von jährlichen Wasserportionen für Millionenstädte.

#### Die Entwicklung der modernen Eisberg-Forschung

Aus der Nähe wirken die Tafel eisberge der Antarktis geradezu überwältigend, was dazu führte, daß sie — ehe vor 10 Jahren das wissenschaftliche Interesse an diesen Wundern der Natur stieg — zumeist wegen der damit verbundenen Gefahren von Schiffen gemieden wurden. In der Vergangenheit wurden damit die Kenntnisse über Eisberge mehr durch Zufall, weniger durch Absicht gewonnen.

Das moderne praktische Interesse an Eisbergen wurde bei einer Tagung der „International Glaciological Society“ in Cambridge, England, 1969 von WEEKS und CAMPBELL geweckt. Diese Arbeit, die vorschlug, durch die Entwicklung von geeigneten Schleppmethoden große antarktische Eisberge zu den westlichen Küsten der Südkontinenten zu liefern, bot eine radikale Lösung der ersten Wasserversorgungs-

\* Prof. Dr. Peter Schwerdtfeger, Institute for Atmospheric and Marine Sciences, Flinders University of South Australia, Bedford Park 5042 (Australien).

probleme in vielen Ländern an und wurde nach einer sorgfältigen Berechnung der Grundkonzepte veröffentlicht (WEEKS & CAMPBELL 1973). Die Autoren glaubten sogar an die Möglichkeit einer Überquerung des Äquators, um wertvolles Wasser aus der Antarktis bis Kalifornien zu bringen, mit dem Ergebnis, daß HULT & OSTRANDER (1973) einen weiteren Bericht für die Rand Corporation zusammenstellten.

1974 bildete die Australian Academy of Science ein Sonderkomitee mit dem Auftrag, die Anwendbarkeit dieser noch als abenteuerlich betrachteten Technologie für die verbesserte Wasserversorgung der südlichen Gebiete Australiens zu begutachten. Während der fünfjährigen Existenz dieses Komitees veröffentlichten einige Mitglieder sorgfältige Arbeiten, z. B. JOB (1978 a, b, c) mit Berechnungen der allgemeinen Eisbergdynamik, der zu erwartenden Schmelzverluste und der Wirksamkeit verschiedener Schleppmethoden. MORGAN & BUDD (1978) zogen durch eine Durchsicht der vorhandenen Informationen über die geographische Verteilung von Eisbergen Schlüsse über deren natürliches Schmelzverfahren.

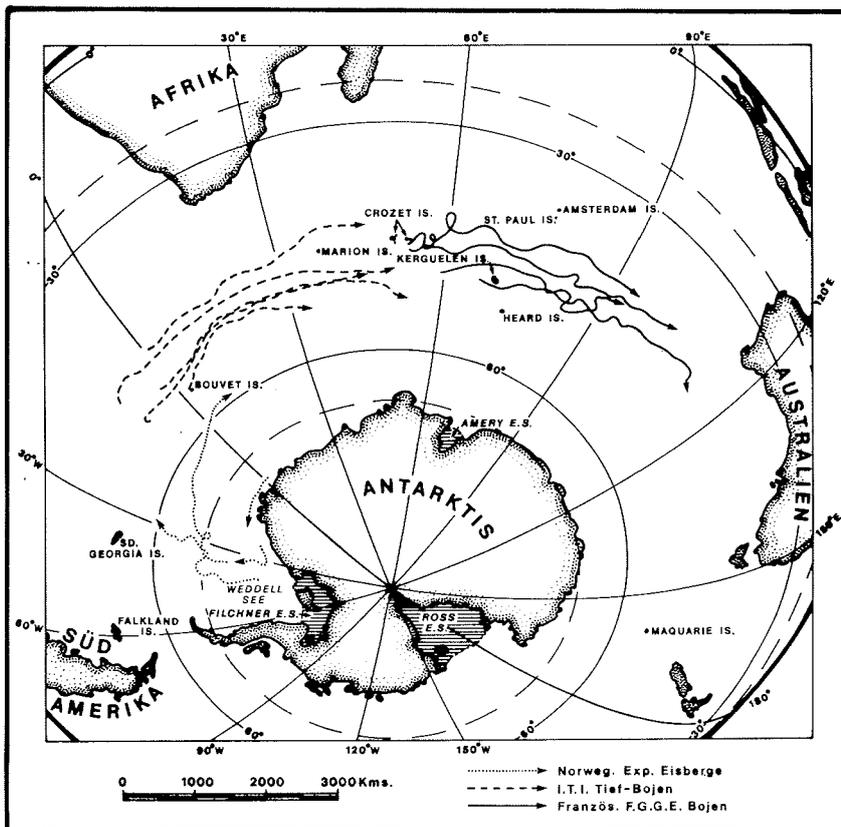
Der bisher größte internationale Schwung für die Eisberg-Forschung muß dem Interesse von Prinz Mohammed al Faisal al Saud gedankt werden: nachdem er zunächst ein Treffen von etwa 50 Wissenschaftlern in Paris 1977 anregte, unterstützte er die erste internationale Tagung über Eisbergverwendung in Iowa, U.S.A., die zu einer zusammenfassenden Veröffentlichung von HUSSEINY (1978) führte. Dieses Werk umfaßte ein großes Spektrum, und obwohl sich einige der Beiträge mit der Zeit als belanglos erwiesen, wurde ein starkes internationales Interesse für die Grundkonzepte der Eisbergverwendung deutlich. Arbeiten wie z. B. die von WEEKS & MELLOR (1978) betonten die Notwendigkeit für gründliche Forschung und verurteilten großenwahnsinnige und voreilige Pläne für sofortige Schlepp-Programme. Anlässlich der zweiten internationalen Tagung 1980 in Cambridge, England, war die Anzahl der Beiträge wesentlich geringer, doch dafür um so gründlicher in ihrer wissenschaftlichen Verfolgung von definierbaren physikalischen Problemen. Diese Arbeiten bildeten anschließend den ersten Band einer neuen Zeitschrift der International Glaciological Society, „The Annals of Glaciology“.

Im Jahre 1977 wurde eine GmbH, Iceberg Transport International (I. T. I.), von Prince Mohammed al Faisal unter der technischen Leitung von Georges Mougín gegründet. Diese Gesellschaft wurde hauptsächlich durch die Organisation von Anhörungen von Wissenschaftlern in verschiedenen Ländern bekannt. Obwohl die operativen Pläne der I. T. I. allgemein als übereilt betrachtet wurden, entwickelte sich fast einstimmig die Meinung, daß aus geographischen und wirtschaftlichen Gründen die Südwest-Küste Australiens eines der sinnvollsten Eisberg-Lieferungsziele bot. Nach der Bekanntmachung dieser ersten Ziele der I. T. I. zeigten die zuständigen Behörden West-Australiens höfliches, doch äußerst vorsichtiges Interesse. Im Laufe der von I. T. I. gesteuerten Diskussionen 1978 wurde von den Teilnehmern die Wichtigkeit von theoretischen sowie auch praktischen Beobachtungen von Eisbergen und Meeresströmungen betont.

Obwohl TCHERNIA (1974) bereits 1972 mit der Satellitenverfolgung von Eisbergbahnen begonnen hatte, blieb diese erste Instrumentierung von Eisbergen auf die Ostwind-Strömung in der Nähe der antarktischen Küste beschränkt. Diese wie auch weiterentwickelte Methoden wurden im freien Ozean von der Norwegischen Antarktis-Expedition 1978—79 angewendet. Die danach folgenden Arbeiten von ORHEIM (1980), KRISTENSEN & ORHEIM (1980), FOLDVIK, GAMMELSDOD & GJESSING (1980 a, b, c), KLEPSVIK & FOSSUM (1980) und VINJE (1980) machten die Ergebnisse eines konzentrierten Angriffs auf viele der in den vorhergehenden I. T. I.-Besprechungen formulierten Probleme bekannt. Besonders wertvoll war die durch Besetzung von Eisbergen gemachte Erfahrung, bei der nicht nur Instrumente auf der Oberfläche verschiedenster Eisberge gelassen, sondern auch vorsichtige Messungen von Eisberg-schwingungen und anderen Bewegungen abgeschlossen werden konnten. In einer unabhängigen Arbeit hatten GOODMAN, WADHAMS & SQUIRE (1980) über Schwingungen und deren Einfluß auf die Beständigkeit von Eisbergen diskutiert. Während die norwegische Expedition Eisberge im Süd-Ozean verfolgte, wendete DHALLUIN (1980) das gleiche TIROS-NIMBUS Satelliten-System an, um 200 m tiefe, von der I. T. I. in Paris entwickelte Bojen, deren Bahnen denen von Eisbergen ähneln sollten, in ihren

Bahnen über den Südindischen Ozean zu beobachten. Die vermessenen Bahnen dieser beobachteten Eisberge und Tief-Bojen wie auch die einiger französischer F. G. G. E. Bojen zeigt Abb. 1. Es ist bemerkenswert, daß die F. G. G. E.- (First G. A. R. P. Global Experiment) Bojen durch ihre engere Verkuppelungen mit der oberen Ozeanschicht wesentlich unruhigere, durch störende meteorologische Einflüsse verursachte Bahnen zeigen; dieselben atmosphärischen Störungen beeinflussen dagegen die mehr als 150 m tiefen Eisberge und I. T. I.-Bojen kaum. Die Cambridge-Tagung schloß auch Berichte über Labormessungen über Eisschmelzraten von HUPPERT (1980) und RUSSELL-HEAD (1980) sowie Analysen von Polarmessungen von BUDD, JACKA & MORGAN (1980) und JOSBERGER & NESHYBA (1980) ein.

Die seit 1977 ständig steigenden Energiekosten hatten abschreckende Folgen für weitere ernsthafte Verwertungsstudien verschiedenster australischer Wasserversorgungsbehörden (z. B. ENGINEERING & WATER SUPPLY DEPARTMENT OF SOUTH AUSTRALIA (1978), obwohl SCHWERDTFEGER (1979) und auch DE MARLE (1980) die Notwendigkeit der gleichzeitigen Energiegewinne durch geeignete Wassergewinnungsmethoden betont hatten. Die Möglichkeit, ein langfristiges und deshalb unwirtschaftliches Schleppen von Eisbergen durch die geeignete Anwendung von natürlichen Meeresströmungen im Süd-Ozean zu vermeiden, wurde von SCHWERDTFEGER (1981) untersucht. In dieser Arbeit wurden die vorhandenen Beobachtungen von Eisberg- und Bojen-Driftbahnen zwischen dem Weddellsee im Südatlantischen Ozean und dem Indischen Ozean vor Südwest-Australien zusammengefaßt. Die Bedeutung von ozeanographischer Information einschließlich Wellenhöhe und Windgeschwindigkeit — etwa durch SEASAT-Satelliten-Beobachtungen (MOGNARD, CAMPBELL et al. 1981) — wurde anerkannt, gleichzeitig die Notwendigkeit von weiteren Messungen mit dem systematischen Einsatz tiefer Bojen vom I. T. I.-Typ von SCHWERDTFEGER (1981) betont.



Zusätzlich zu den Untersuchungen der natürlichen Bewegungen der Eisberge sind Studien von thermischen und mechanischen Verfahren notwendig, welche während der Spaltung oder des allgemeinen Zerfalls von Eisbergen auftreten. Die Arbeiten von KRISTENSEN, ORHEIM & WADHAMS (1981) sowie KRISTENSEN, SQUIRE & MOORE (1982) bringen wichtige Fortschritte auf diesem Gebiet, besonders im Blick auf die Beziehung zwischen Eisberg-Hieven, -Schlinger, -Wogen und -Spannung mit umweltlich ozeanographischen Faktoren. Bei der zweiten internationalen Tagung für Angewandte Glaziologie 1982 in New Hampshire, U.S.A., wurde dieses letztgenannte Thema von KRISTENSEN & SQUIRE (1982 a, b) durch Zusammenfassungen von durch Satelliten erfaßten Meßdaten weiter entwickelt.

Insgesamt muß festgestellt werden, daß sich die ursprüngliche Anwendung von Satelliten in einer bildlichen Beobachtung von Eisbergen, mit einer Auflösung ihrer horizontalen Dimensionen, seit dem Bericht von HULT & OSTRANDER (1974) leider kaum weiterentwickelt hat, obwohl LANDSAT zu diesem Zweck sehr geeignet wäre.

#### *Wasser und Energieversorgung durch Eisberg-Verarbeitung*

In Ländern, in denen es an Wasserreserven mangelt, werden die Trinkwasserpreise immer stärker mit den Energiekosten verbunden. Im Falle der Wasserentsalzung ist diese Behauptung am eindeutigsten, aber auch der Betrieb von Pumpen, Filtrier- und Reinigungsanlagen sowie die Konstruktion von großen Röhrenleitungen weisen sämtliche einen beträchtlichen Energiebedarf auf. Der Zugang, geeignete Wasserreserven anzulegen, ist zudem eine Voraussetzung für den Betrieb fast aller herkömmlichen Kraftwerke.

Die früheren Vorschläge für Eisberg-Verwendung von WEEKS & CAMPBELL (1973) hatten großangelegte künstliche Bewässerungsprojekte als Hauptanwendungsgebiet im Sinne. Für solche Zwecke wären Eisberge von mehr als 1000 Mt notwendig, und durch das Fehlen einer geeigneten Schlepptechnologie wirkten solche große Massen schon sofort als abschreckend. Eine der wichtigsten Folgen des Interesses Saudi-Arabiens, das bereits 1977 deutlich wurde, ist aber die allgemeine Erkenntnis, daß in vielen Ländern die Wasserversorgung der Städte und Industrien noch dringender ist als der Bedarf der Landwirtschaft, was dazu führt, daß die Behandlung von wesentlich kleineren Eisbergen, etwa über 100 MT, sich gegenseitig als ein wünschenswertes Ziel abzeichnet. Diese Masse entspricht ungefähr dem jährlichen Bedarf einer modernen Millionstadt. Das heißt also, daß noch kleinere Eisberge verwendet werden könnten, wenn eine bereits existierende staatliche Wasserversorgung nur verstärkt und nicht ersetzt werden müßte. Ein derartiger Bedarf für bescheidenere Eisbergmassen würde eine sichere und weniger riskante Entwicklung des Lieferungsverfahrens ermöglichen.

Es wurde bereits von SCHWERDTFEGER (1979) deutlich gemacht, daß Eisberge einen Gewinn sowohl an Energie wie an Wasser versprechen. Die einfachste Methode, Eisbergenergie zu gewinnen, bestände im Bau eines Kraftwerks an oder nahe einer westlichen Küste, wo das Eis im Kondenswasserkreis geschmolzen und so der thermodynamische Wirtschaftsgrad gesteigert werden könnte. Ein derartiges Verfahren bringt gleichzeitig den Vorteil, daß das von Eisbergen gewonnene Schmelzwasser nun zu einer umweltlich unschädlichen Temperatur gebracht wird, so daß die herkömmlichen Wasserspeicher wie z. B. Talsperren für diese zusätzliche Quelle verwendet werden können.

Für die Zukunft, bei Weiterentwicklung von O. T. E. C. (Ocean Thermal Energy Conversion), werden auch leistungsfähigere Methoden für den Energiegewinn von Eisbergen versprochen, die die Temperaturunterschiede zwischen Seewasser und einem Eisberg direkt durch einen thermodynamischen Prozeß mit einer Substanz wie Ammoniak — ähnlich wie mit Wasser in einer Dampfturbine — ausnutzen können.

Eine weiterführende Diskussion von technischen Problemen und Möglichkeiten sowie auch den zugehörigen wirtschaftlichen Faktoren mit Eisberg-Verwendungstechnologie wurde von LAWSON & RUSSELL-HEAD (1982) veröffentlicht. Dieser Bericht bietet einige australische Beispiele, demonstriert aber auch gleichzeitig den Mangel an Erkenntnis der im internationalen Raum ständig wachsenden Eisbergwissenschaft.

#### *Das Vermindern von Eisberg-Schmelzverlusten*

Die Berechnungen von JOB (1978a) zeigten, daß das Schleppen von großen Eisbergen aus antarktischen Breiten bis zum südlichen australischen Küstengebiet nur vom Einsatz genügend starker Schleppboote abhängig ist. Insbesondere weist JOB nach, daß je stärker die Schleppkraft und größer der Eisberg, desto schneller die Lieferungszeit und geringer die Schmelzverluste. 1978 mangelt es um einen Faktor 10 an verfügbaren Schleppkräften, um JOBs (1978a) Voraussetzungen für eine 20%-Lieferung eines ursprünglich 300 MT Eisbergs zu erfüllen. Trotzdem war der berechnete Energieverbrauch wesentlich geringer als der bekannte Bedarf an elektrischem Strom für die bisherige Wasserversorgung der südaustralischen Hauptstadt Adelaide vom Murray River jenseits eines 500 m hohen Gebirges. Seit 1977 haben sich die Wasserkosten in Süd-Australien verdoppelt, aber leider sind die Unkosten des Schleppens, mit Ölpreisen verbunden, wesentlich stärker gestiegen.

In Saudi-Arabien, wo bereits eine langjährige Erfahrung mit dem Betrieb von großdimensionierten Wasserentsalzungskomplexen besteht, dürfte solches vom Meer gewonnene Trinkwasser ungefähr DM 25/m<sup>3</sup> kosten. Die Unsicherheit in dieser Abschätzung liegt im bisherigen Fehlen einer umweltfreundlichen Beseitigung von konzentrierteren Salzlösungen, welche die unmittelbare Folge von Destillier- und auch Osmoseverfahren sind. Eine derart hohe Bewertung von Wasser in einem wasserarmen Land führt unmittelbar zu der wirtschaftlichen Notwendigkeit, Eisberge vor erosivem Schmelzen im Meer zu schützen. Die obere Grenze der zugehörigen Unkosten kann durch einen Vergleich mit bekannten Tankerverfahren berechnet werden.

Ein geschützter Eisberg dürfte wesentlich länger im Meer unterwegs sein. Die Notwendigkeit für hochleistungsfähige Schlepper wäre stark vermindert, da Eisbergbahnen in vielen Fällen Meeresströmungen ausnutzen könnten, wie schon im Bericht von SCHWERDTFEGGER (1981) erwähnt. Die I. T. I. hatte das Konzept eines umkleidenden Geschirrs entwickelt, welches einen Eisberg nicht nur vor den erosiven Angriffen der Wellen im Meer, sondern auch als Befestigung für Schlepperseile dienen könnte.

Im Jahre 1982 schlug SOBINGER (1984) vor, kleinere Eisberge vollständig in eine geeignete Kunststoffschicht einzuschweißen. Um den Stoff vor der zerstörenden Reibung mit der Eisoberfläche zu schützen, müßte die Umhüllung wasser- und luftdicht gesiegelt und anschließend mit Preßluft gefüllt werden. Diese neuartige Idee wurde von dem deutschen Ing.-Büro für Abfalltechnik GmbH (IFA) in Essen untersucht (pers. Mitt. von H. POLOMSKY 1982), aber die praktische Anwendbarkeit dieses Verfahrens dürfte erst nach dem antarktischen Sommer von 1983/84 beurteilt werden können, wenn das I. F. A. seine Versuche in der Weddell-See im Rahmen der Deutschen Antarktis-Expedition abgeschlossen haben wird.

#### *Eisberg-Politik*

Schon nach dem ersten von Prinz Mohammed al Faisal berufenen Eisberg-Treffen in Paris 1977 wurde deutlich, daß die diskutierten Ziele, Eisberge zum Nutzen der Menschheit einzusetzen, eine große internationale Zusammenarbeit voraussetzen würde. Die erkannten Forschungsaufgaben berührten nicht nur wissenschaftliche, sondern auch umweltliche, technische, wirtschaftliche, soziologische, juristische und politische Aspekte. Deswegen ist das Interesse und das zugehörige Verständnis der Probleme und Vorteile der Regierungen der betreffenden Nationen eine Voraussetzung für praktische Erfolge.

Es ist undenkbar, daß ein Eisberg ohne die Erlaubnis der Regierung eines Landes zur Küste gebracht werden könnte. Selbst wenn saudi-arabische Wünsche in dieser Beziehung zum Beginn eines Eisberg-Ernteprogramms führten, wäre ein Erfolg ohne die Teilnahme eines der Antarktis näheren Landes, etwa Australiens, aussichtslos. Bis die Welt so durstig wird, daß einzelne Nationen ihre Verbindlichkeit mit der durstigeren Menschheit einsehen, werden die größten Fortschritte in der Eisbergforschung weiterhin im rein wissenschaftlichen Bereich bleiben, denn Eisberge — genauso wie die großen Berge der Erde — sind interessant auch nur, weil sie existieren. Daß die Eisberge der Antarktis jährlich in ausreichender Menge, um eine Bevölkerung von mehr als einer Milliarde Menschen zu versorgen, sinnlos im Süd-Ozean schmelzen, wird jedoch sicherlich eines Tages erkannt.

#### Literatur

- Budd, W. F., Jacka, F. H. & V. I. Morgan (1980): Antarctic iceberg melt-rates derived from size distributions and movement rates. — *Ann. Glaciol.* 1: 103.
- DeMarle, D. (1980): Design parameters for a South African power and water project. — *Ann. Glaciol.* 1: 129.
- Dhalluin, M. (1980): Investigations of currents influencing iceberg motion. — *Ann. Glaciol.* 1: 89.
- Engineering & Water Supply Department of South Australia (1978): Metropolitan Adelaide water resources study. — Adelaide.
- Foldvik, A., Gammelsrod T. & Y. Gjessing (1980a): Measurements of the radiation temperature of Antarctic icebergs and surrounding surface water. — *Ann. Glaciol.* 1: 19.
- Foldvik, A., Gammelsrod T. & Y. Gjessing (1980b): Measurements of oscillations and flexure of icebergs. — *Ann. Glaciol.* 1: 29.
- Foldvik, A., Gammelsrod T. & Y. Gjessing (1980c): Flow around icebergs. — *Ann. Glaciol.* 1: 67.
- Goodman, D. J., Wadhams, P. & V. A. Squire (1980): The flexural response of a tabular ice island to ocean swell. — *Ann. Glaciol.* 1: 23.
- Hult, J. L. & N. C. Ostrander (1973): Antarctic icebergs as a global fresh water resource. — *Rand Rep. R-1255-N.S.F.* 83pp.
- Hult, J. L. & N. C. Ostrander (1974): Applicability of ERTS to Antarctic iceberg resources. — In: S. C. Freden & M. A. Becker, Eds., *Third Earth Resources Tech. Satellite — 1 Symposium*, 18, NASA SP-351, pp 1467—1490.
- Huppert, H. E. (1980): The physical processes involved in the melting of icebergs. — *Ann. Glaciol.* 1: 97.
- Husseiny, A. A., ed. (1978): *Iceberg utilization*. — Proc. first intern. conference held at Ames, Iowa, U.S.A., Oxford.
- Job, J. G. (1978a): Yields and energetics in moving unprotected icebergs to southern continents. — In: A. A. Husseiny, Ed., *Iceberg utilization* 339—349, Oxford.
- Job, J. G. (1978b): High efficiency iceberg propulsion systems. — In: A. A. Husseiny, Ed., *Iceberg utilization*, 503—527, Oxford.
- Job, J. G. (1978c): Numerical modelling of iceberg towing for water supplies — a case study. — *J. Glaciol.* 20 (84): 533—542.
- Josberger, E. G. & S. Neshyba (1980): Iceberg melt-driven convection inferred from field measurements of temperature. — *Ann. Glaciol.* 1: 113.
- Klepšvik, J. O. & B. A. Fossum (1980): Studies of icebergs, ice fronts and ice walls using side scanning sonar. — *Ann. Glaciol.* 1: 31.
- Kristensen, M. & O. Orheim (1980): Preliminary results from an instrumented iceberg in the Antarctic. — *Ann. Glaciol.* 1: 96.
- Kristensen, M., Orheim, O. & P. Wadhams (1981): Field experiments on Antarctic tabular icebergs. — *Polar Record* 20 (128): 445.
- Kristensen, M., Squire, V. A. & S. C. Moore (1982): Tabular icebergs in ocean waves. — *Nature* 297 (5868): 669.
- Kristensen, M. & V. A. Squire (1982a): Automatic collection of tilt and strain data from Antarctic icebergs. — *Ann. Glaciol.* 4: 147—151.
- Kristensen, M. & V. A. Squire (1982b): Modelling of Antarctic tabular icebergs in ocean waves. — *Ann. Glaciol.* 4: 152—157.
- Lawson, J. D. & D. S. Russell-Head (1982): The augmentation of urban water resources using Antarctic icebergs — coastal engineering implications. — Proc. 18th. Intern. conference on coastal engineering, November 1982, Capetown.
- Loewe, F. (1967): The water budget in Antarctica. — Proc. Symposium on Pacific Antarctic Sciences, Antarctic Res. Exped. Scient. Reports, Special Issue 1: 101, Antarctic Division, Melbourne.
- Mognard, N. M., Campbell, W. J., Cheney, R. E., Marsh, J. G. & D. B. Ross (1981): Southern Ocean waves and winds derived from SEASAT altimeter measurements. — Proc. Intern. ocean wave dynamics symposium, May 1981, Miami, U.S.A.
- Morgan, V. I. & W. F. Budd (1978): The distribution, movement and melt-rates of Antarctic icebergs. — In: A. A. Husseiny, Ed., *Iceberg utilization*, 220—228, Oxford.
- Orheim, O. (1980): Physical characteristics and life expectancy of tabular icebergs. — *Ann. Glaciol.* 1: 11.
- Russell-Head, D. S. (1980): The melting of free-drifting icebergs. — *Ann. Glaciol.* 1: 119.
- Schwerdtfeger, P. (1979): On icebergs and their uses — a report to the Australian Academy of Science. — *Cold Regions Science & Tech.* 1: 59—79.
- Schwerdtfeger, P. (1981): Southern Ocean studies relating to icebergs. — Flinders University Institute of Atmospheric & Marine Sciences, Res. Rep. 36, Bedford Park.
- Sobinger, D. E. (1984): Verfahren zum Versorgen von wasserarmen Ländern, insbesondere Wüstenländern, mit Süßwasser. — Patentschrift DE 3217560 C2 der Bundesrepublik Deutschland.
- Tchernia (1974): Etude de la derive antarctiques Est-Quest an moyen d'icebergs survies par le satellite Eole. — *Comptes rendus de l'Academie des Sciences de Paris, Ser. B*: 667—674.
- Vinje, T. E. (1980): Some satellite tracked iceberg drifts in the Antarctic. — *Ann. Glaciol.* 1: 83.
- Weeks, W. F. & W. J. Campbell (1973): Icebergs as a fresh-water resource: an appraisal. — *J. Glaciol.* 12 (65): 207—233.
- Weeks, W. F. & M. Mellor (1978): Some elements of iceberg technology. — In: A. A. Husseiny, Ed., *Iceberg utilization*, 45—98, Oxford.