Beiträge zur Berliner Wetterkarte

Herausgegeben vom Verein BERLINER WETTERKARTE e.V.
zur Förderung der meteorologischen Wissenschaft
c/o Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin, C.-H.-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin
43/16 http://www.Berliner-Wetterkarte.de ISSN 0177-3984
SO 28/16 27.7.2016

Wetterbeobachtung in der Arktis

Werner Wehry

1. Einleitung

In der Beilage zur BWK Nr. 32/16 vom 1.6.2016 wurden u. a. die auf Grönland zumindest zeitweise aktiven Wetterstationen beschrieben. In der flächenmäßig viel größeren Arktis gibt es viel weniger Messstationen, vor allem jedoch keine, die über längere Zeit betrieben werden können. Die Arktis ist während des größten Teils des Jahres mit Eis bedeckt, das im Sommer für relativ kurze Zeit in weiten Gebieten abtaut. Mit der Erwärmung der vergangenen Jahre hat insgesamt die Eisbedeckung abgenommen. Während in den 1980er Jahren zum Winterende etwa 16 Mill. km² eisbedeckt waren, wurden in den Jahren seit 2010 meist nur noch Werte um 15 Mill. km² erreicht. Noch stärker war der Rückgang in den Sommermonaten: Während in den 1980er Jahren als Minimum meist um 7 Mill. km² gemessen wurden, gab es im Herbst 2012 das bisherige Minimum mit 3,5 Mill. km². Allerdings waren die Minima von 2013 bis 2016 mit Werten zwischen 5 und 4,5 Mill. km² wieder etwas höher.
Daten von: *http://nsidc.org/arcticseaicenews/charctic-interactive-sea-ice-graph/*

Hieraus ergibt sich, dass im Polargebiet keine "konventionellen" Wetterstationen betrieben werden können, die an einem festen Standpunkt aufgebaut werden. Als Besonderheiten kommen hinzu: 1. Das Eis ist in ständiger Bewegung und 2. große Teile der Arktis sind wechselnd Wasserflächen oder mit Eis bedeckt. Wetterstationen müssen demnach auf driftendem Eis, aber auch auf Wasserflächen funktionieren. Die Arktis (und Antarktis) wird seit vielen Jahren auch intensiv mit Flugzeugen, Schiffen und Satelliten erkundet - darauf soll hier jedoch nicht eingegangen werden.

2. Ein wenig Geschichte

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war die Arktis im wahrsten Sinne des Wortes und auch geografisch ein "Weißer Fleck". Man wusste eigentlich nur, dass dort die Welt zu Schnee und Eis erstarrt ist. Immer wieder gab es jedoch Seefahrer, die die Nordostpassage (von Nordeuropa entlang des russischen Kontinents bis zum Pazifik) oder die Nordwestpassage (von Westgrönland über Nordkanada hinweg bis zum Pazifik) finden wollten.

2.1. Die Nordwestpassage

Die erste Durchfahrt der **Nordwestpassage** gelang Roald Amundsen 1903–1906 über die Route durch die James Ross Strait, Rae Strait und Simpson Strait auf dem kleinen Schiff *Gjøa*. Allerdings benötigte er dafür zwei Überwinterungen. Als erster Tanker bewältigte 1969 die zum Eisbrecher umgebaute *SS Manhattan*, das mit 309 Metern Länge und von 43000 PS angetriebene größte je in den USA gebaute Handelsschiff, die Nordwestpassage von der Ostküste der USA zur Prudhoe Bay und zurück in wenig mehr als vier Wochen. Trotz seiner Maschinenleistung blieb das Schiff zweimal im Eis stecken und musste von den beiden Eisbrechern, von denen es begleitet wurde, befreit werden.
https://de.wikipedia.org/wiki/Nordwestpassage

Das erste Kreuzfahrtschiff, das die Nordwestpassage mit Passagieren an Bord bewältigte, war die *World Discoverer* im Jahr 1985. Danach gelang es erst im Jahr 2007 dem Kreuzfahrtschiff *Hanseatic* mit 162 Passagieren innerhalb von 19 Tagen von Barrow nach Grönland zu fahren. Seitdem fanden in jedem Sommer Fahrten durch die Nordwestpassage statt, jedoch oft mit großen Schwierigkeiten. *http://www.reflektion.info/html/8943_050907_1_hapag.html*
Am 31. März 2016 veröffentlichte der Polarblog "Polarnews" (auf Deutsch), dass im Sommer 2016 die *Crystal Serenity* mit 1070 Passagieren die Nordwestpassage befahren will (Preise zwischen 22.000 und 120.000 Dollar, bereits im März 2016 ausgebucht). Da das Schiff keine eisabweisende Verstärkung aufweist, ist die kanadische Regierung bereits alarmiert und wird möglicherweise die

Fahrt absagen lassen. *https://www.polarnews.ch/arktis/technik/864-grosses-kreuzfahrtschiff-plant-durchfahrt-durch-die-nordwestpassage* ... Die Reise wird stattfinden: Am 16.8.2016 wird sie in Anchorage starten und sie soll am 17.9.2016 in New York ankommen.
http://www.crystalcruises.com/northwest-passage-cruise/northwest-passage--6319
Übrigens: Seit mehreren Jahren gibt es von Murmansk aus 14-tägige Reisen mit atombetriebenen Eisbrechern zum Nordpol. Preise zwischen 25.000 und 36.000 € für maximal 129 Passagiere.
http://www.sputnik-travel-berlin.de/R106FranzJosefIk.php

2.2 Die Nordostpassage

Die **Nordostpassage** wurde erstmals von Adolf Erik Nordenskjöld mit der *Vega* nach dem Start in Göteborg im Jahre 1878 befahren, allerdings zunächst nur bis zum 173sten Längengrad, wo die *Vega* bereits im September einfror. Erst im folgenden Juli kam sie frei und erreichte wenig später Yokohama. *https://en.wikipedia.org/wiki/Adolf_Erik_Nordenski%C3%B6ld*

Erst 53 Jahre später (1932) gelang dem Eisbrecher *Alexander Sibirjakow* die erste Durchfahrt ohne Überwinterung. In den 1950er und 1960er Jahren wurde die Route nahezu ganzjährig mit Eisbrecherhilfe befahren, was jedoch nach 1989 kaum noch genutzt wurde. Die Nordwest- und Nordostpassage waren dabei Ende August 2008 erstmals beide gleichzeitig eisfrei, und auch in den Folgejahren blieb die Nordostpassage stets für einige Wochen zwischen August und Anfang Oktober offen, wobei sich die Dauer der Passierbarkeit immer mehr auszudehnen scheint.
https://de.wikipedia.org/wiki/Nordostpassage

Alle Fahrten, vor allem diejenigen, die im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts erfolgten, brachten große Datenmengen über die Eis- und Wetterverhältnisse der Randgebiete der Arktis. So hinterließ z. B. A.E. Nordenskjöld ein 5-bändiges Werk über die Fahrt der *Vega*. Dennoch wusste man z. B. viel zu wenig über die Eisbewegungen und nahezu gar nichts über die Beschaffenheit des Meeres unter dem Eis. Am 2. August 2007 erreichte in der Nähe des Nordpols das russische Tauchboot *Mir 1* in 4261 m den Meeresgrund, das Schwesterboot *Mir 2* landete in Sichtweite von *Mir 1* in 4302 m Tiefe den Meeresboden. (*http://www.aktuell.ru/russland/panorama/4_000_meter_tief_russische_u_boote_ergruenden_polarmeer_2337.html)* ***) s. Anmerkung auf S. 12!**

3. Bemannte Stationen

Allerdings reichte dies alles nicht aus, um sich ein Bild über die Verhältnisse im inneren Bereich der Arktis machen zu können. Zwar gab es bereits im 19. Jahrhundert mehrere Expeditionen, d. h. der Wissenschaft gewidmete Fahrten, die die Arktis erkundeten. Große Fortschritte vor allem der meteorologischen Beobachtung erbrachte das **Erste Internationale Polarjahr 1881 bis 1884**. Zwölf bemannte Stationen rund um die Arktis (darunter Godthaab auf Grönland, Jan Mayen sowie Sodankylä in Finnland) und 13 weitere Hilfsstationen wurden mit insgesamt 700 Beobachtern betrieben.

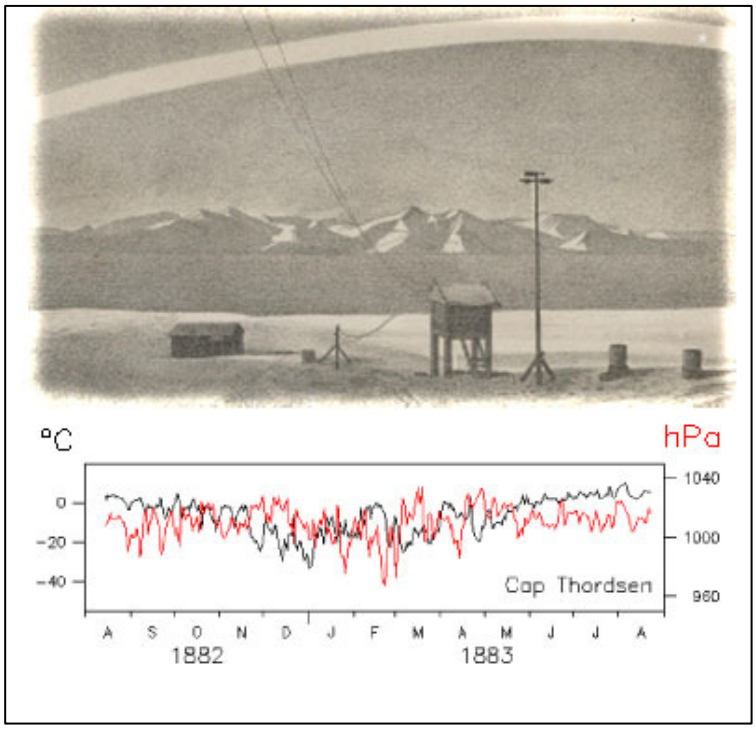


Abb. 1: Eine dieser zwölf Stationen war Cap Thordsen auf Spitzbergen. Unter anderem wurden Temperatur und Luftdruck gemessen. Der Plot geht von 5.8.1882 bis 23.8.1883. Am 2.1.1883 sank die Mitteltemperatur des Tages bis -32,62°C und am 5.8.1883 erreichte der höchste Mittelwert +9,98°C. Der tiefste mittlere Luftdruck wurde am 22.2.1883 mit 968,36 hPa, der höchste am 20.3.1883 mit 1034,24 hPa ermittelt. Ausführliche Daten in: *http://www.arctic.noaa.gov/aro/ipy-1/*

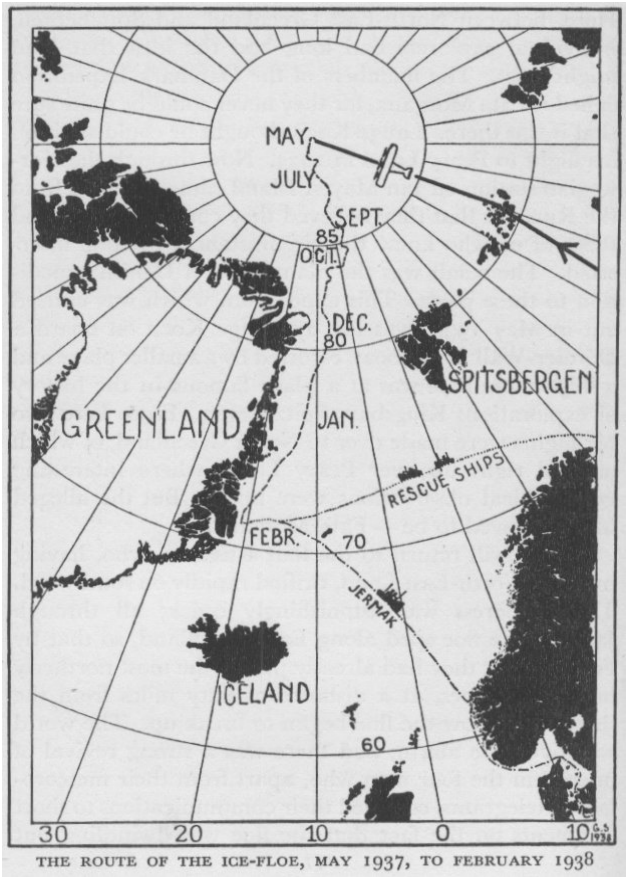
Zu Beginn des 20. Jahrhunderts entstand eine Art Wettrennen zum Nordpol. 1909 behauptete Robert Peary, am 9. April den Pol mit Schlitten erreicht zu haben, was höchstwahrscheinlich nicht der Fall war. Die wohl ersten Menschen, die den Nordpol erreichten, waren 1926 die Fahrer des *Zeppelin Norge* mit Umberto Nobile und Roald Amundsen an Bord.
(siehe: *https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_exploration).*

An den Expeditionen und Beobachtungen während des Ersten Polarjahres 1881-1884 beteiligten sich 10 europäische Nationen sowie die USA und Kanada. 50 Jahre später beteiligten sich am **Zweiten Internationalen Polarjahr** (**IPY, 1932-1933)** 44 Nationen, und die Thematik wurde auf geophysikalische Parameter wie Polarlicht, Magnetismus, Luftelektrizität etc. ausgeweitet. Es wurde überwiegend mit Schiffen und Flugzeugen beobachtet, zudem wurden mehrere Stationen am Rande der Arktis neu eingerichtet, vor allem von der Sowjetunion. **Am 3. IPY 1957-58 (auch bekannt als IGY** = International Geophysical Year) beteiligten sich 70 Staaten. **Das 4. IPY fand 2007-09** statt mit mehr als 200 Projekten und einer Beteiligung von mehreren Tausend Wissenschaftlern aus 60 Nationen.

3.1. Driftende polare Eisstationen

3.1.1 Russische Stationen

Im Gefolge des Zweiten IPY wurde vom russischen Wetterdienst am 21.5.1937 etwa 20 Kilometer vom Nordpol entfernt die bemannte Station NP1 (Nordpol 1) errichtet. Die vier Besatzungsmitglieder sowie das gesamte Material wurden mit 4 Flugzeugen auf das etwa 3 Meter dicke Eis gebracht. In 274 Tagen (9 Monate, bis zum 19.2.1938) driftete die Eisscholle vom Nordpol in Richtung Grönland und erreichte nach einem Weg von 2850 Kilometern 71°N/19°W, die mittlere Ostküste von Grönland, wo ein Eisbrecher die Besatzung aufnahm.



THE ROUTE OF THE ICE-FLOE, MAY 1937, TO FEBRUARY 1938

Abb. 2 zeigt den Weg der Eisscholle mit der Station NP1 vom Nordpol durch die Fram-Straße nach Ostgrönland. Die Meerenge wurde nach Nansens Schiff *Fram* benannt, das vom September 1893 bis zum Januar 1896 im Eis eingeschlossen war und von den Neusibirischen Inseln bis Spitzbergen driftete. (s. Abb. 6) **Abb. 2** von:
http://www.science20.com/chatter_box/arctic_heroes_2_north_pole_1

Erst 1950 wurde erneut eine Eisscholle als Station benutzt: Die russische NP2 operierte vom 2.4.1950 bis 11.4.1951. Sie driftete 2600 Kilometer nach einem Start bei 76°03'N/166°36'W zu einem Endpunkt bei 81°44'N/163°48'W.

Ab 1954 wurden jährlich ein bis drei Stationen gleichzeitig betrieben (s. Abb. 3, folgende Seite). Dabei zog erstmals NP19 am 28. Juni 1972 direkt über den Nordpol hinweg, und die Station NP22 hielt bemerkenswerte neun Jahre lang durch. In dieser Zeit legte sie 17069 Kilometer zurück. Die letzte sowjetische Station NP31 wurde im Juli 1991 geschlossen. Erst im Jahre 2003 wurden weitere Stationen eingerichtet, die jedoch wegen des abnehmenden Eises immer kürzere Zeiten und Entfernungen erreichten, bis NP2015 in vier Monaten lediglich 714 Kilometer schaffte. 2014 und 2016 wurden keine Stationen eingerichtet.

Anmerkung: Zur Studienzeit des Autors in den 1960er Jahren wurden im Institut für Meteorologie der FU Berlin die meisten Wettermeldungen von den einzelnen Wetterzentren per Kurzwellenfunk und Funkschreiber für die damals täglich erstellten Nordhemisphärenkarten (Boden, 300 hPa und Stratosphärenkarten) empfangen. Dabei war es immer etwas Besonderes, wenn Wettermeldungen der sowjetischen Eisdriftstationen erwischt wurden.

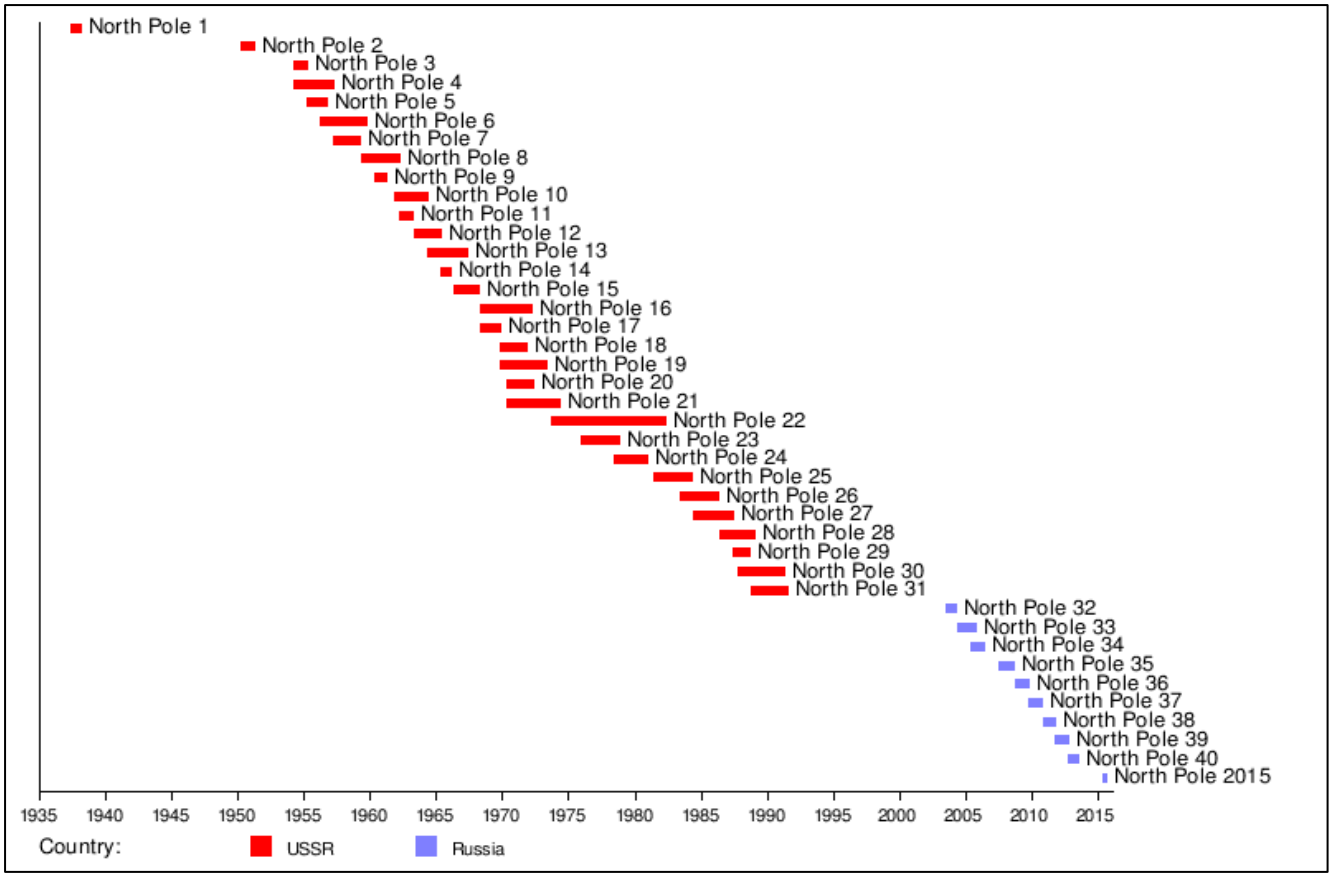


Abb. 3: Die Abfolge und Dauer der sowjetischen (bis 1991) und russischen (NP32, 2003/04 bis NP40, 2012/13) mit dem Eis driftenden Polarstationen. NP2015, man beachte den geänderten Namen, war lediglich vom 11.4 bis 9.8.2015 unterwegs. Seit 2003 schaffte nur die Station NP33 mit 13 Monaten eine Lebensdauer von mehr als einem Jahr. *https://en.wikipedia.org/wiki/Drifting_ice_station*

Abb. 4: Teil der russischen Polarstation NP2015 Anfang August 2015. Die Eisscholle zerbrach, und Tauwetter setzte Teile unter Wasser (Photo: aari.ru). Die Zeitung Barents Observer (Spitzbergen) berichtete dazu am 5.8.2015: "Russische Arktis-Forscher werden von Eisscholle evakuiert." Und weiter: "Die Forscher sammelten sehr wertvolle wissenschaftliche Daten über die Biodiversität und Anzeichen des Klimawandels in verschiedenen Umgebungen. ... Während der letzten Jahre wurde es immer schwieriger, Eisschollen zu finden, die massiv genug waren, eine Station zu tragen." Wegen der damit verbundenen hohen Risiken konnten ab dem Winter 2013/14 keine driftenden Eisstationen mehr genutzt werden, nachdem auch NP40 im Juni 2013 evakuiert werden musste.
http://barentsobserver.com/en/arctic/2015/08/russian-arctic-scientists-be-evacuated-ice-floe-05-08

Eine neue Studie zeigt, dass für den Zeitraum 1975 bis 2012 für das zentrale Arktische Becken, wofür genügend Daten vorliegen, die jährliche mittlere Eisdicke von 3,59 m im Jahr 1975 auf 1,25 m im Jahr 2012 abgenommen hat, eine Reduktion von 65%. Angaben aus:
R. Lindsay and A. Schweiger, The Cryosphere, 9, 269-283, 2015, Arctic sea ice thickness loss determined using subsurface, aircraft, and satellite observations
http://www.the-cryosphere.net/9/269/2015/tc-9-269-2015.pdf

3.1.2 Amerikanische Stationen

Ab dem 3. IPY beteiligten sich die USA und Kanada, aber auch nordeuropäische Länder beim Betrieb polarer driftender Stationen. Vor allem wurden auch Forschungsschiffe eingesetzt, die in den Randgebieten der Arktis (und Antarktis) großen wissenschaftlichen Nutzen brachten.

Abb. 5: Die erste polnahe bemannte Station der USA wurde ALPHA genannt und von April 1958 bis November 1959 mit einer Besatzung von 25 bis 30 Personen betrieben. Die Station driftete in diesen 18 Monaten etwa 3000 Kilometer zwischen 80 und 87 Grad Nord. Seitdem wurden regelmäßig US-Stationen eingerichtet. Bild und Info von: *http://nsidc.org/data/docs/noaa/g02184_station_alpha/index.html*

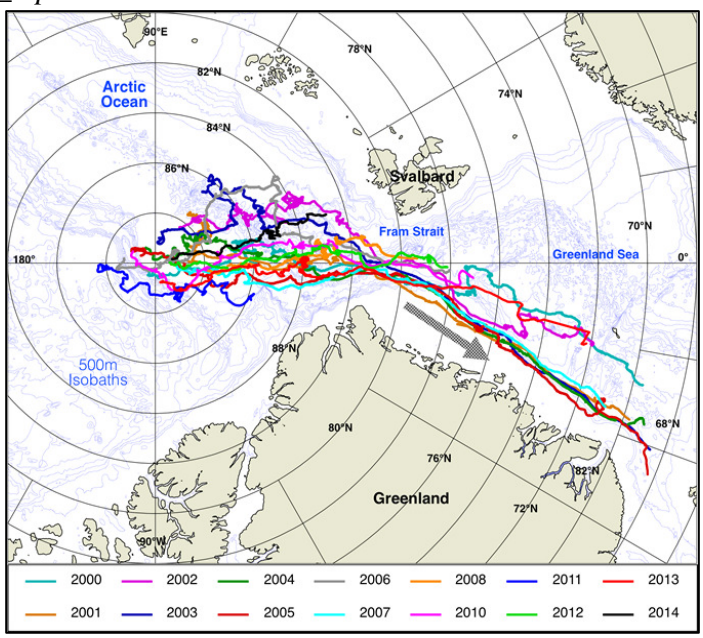


Abb. 6 zeigt die Bahnen von driftenden automatischen Eisstationen des NPEO = North Pole Environmental Observatory der Jahre 2000 bis 2014. Sie wurden von einem festen Camp ("Barneo", s. Abb. 12), das in der Nähe des Nordpols betrieben wird, jeweils im April ausgesetzt. Sämtliche Bojen drifteten von dort durch die Fram-Straße nach Süden. **NPEO notiert:** "Datenbojen, die mit dem arktischen Eis drifteten und die via Satellit meldeten, wurden seit den 1970er Jahren genutzt, weil sie erheblich ökonomischer zu betreiben sind als bemannte Stationen. Im Vergleich mit Eisbrechern oder bemannten Stationen sind sie unschlagbar. ... Die transpolare Drift des arktischen Ozeans verlässt das arktische Becken mit einem Tiefwasser-Kanal nur durch die Fram-Straße östlich von Grönland. Eine Boje, die im April in der Nähe des Pols ausgesetzt wird, nimmt mit großer Wahrscheinlichkeit diese Route und erreicht im folgenden Mittwinter die zentrale Grönlandsee." *http://psc.apl.washington.edu/northpole/Buoys.html*

3.1.3 Weitere polare Stationen

NPEO arbeitet als Datenzentrum nicht nur für die polaren, sondern auch für viele subpolare und antarktische Bojen.

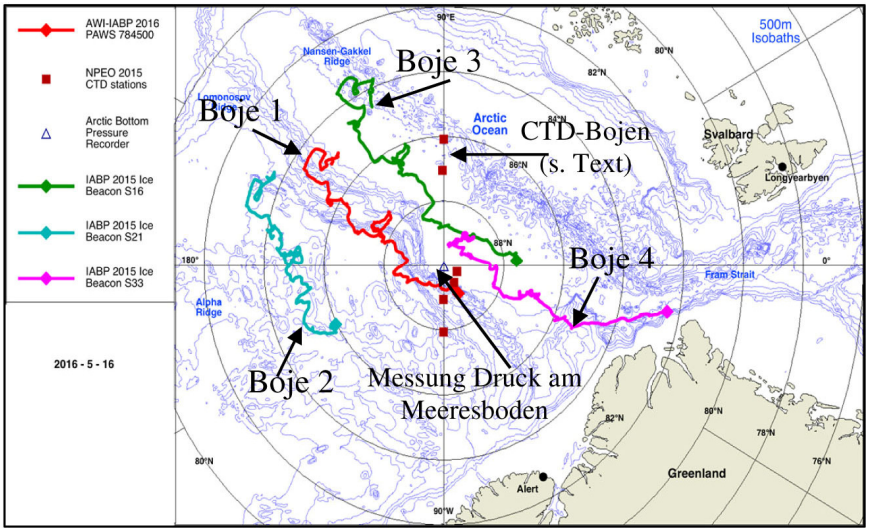


Abb. 7: NPEO-Drift-Karte von 2015 **per 16.5.2016**. Die Zugbahnen von vier Bojen sind aufgetragen: **Boje 1** "AWI-IABP 2016 PAWS 784500" (AWI-IABP = Alfred-Wegener-Institut, International Arctic Buoy Programme, PAWS= Polar Area Weather Station), ausgesetzt am 23.9.2015, driftete dicht am Pol vorbei in Richtung Nordgrönland und lag am 14.Juli 2016 bei 87,37°N. Sie funktionierte (aktueller Abruf:1010,8 hPa, +1,2°C) unverändert gut.

Abb. 7 weiter: Boje 2 wurde am 19.9.2015 gestartet und lag am 14. Juli 2016 bei 85,12°N (1009,6 hPa, +1,9°C). **Boje 3** wurde am 25.9.2015 gestartet und erreichte am 14. Juli 2016 86,99°N (1011,0 hPa, Temperaturmessung falsch). **Boje 4** wurde am 7.9.2015 gestartet und lag am 14. Juli 2016 bei 87,34°N (vor Nordostgrönland, 1010,9 hPa, +1,5°C).
Die kleinen Quadrate entlang der 90°-Längengrade sind **CTD-Baken** ("Conductivity-Temperature-Depth-Beacons"), d.h. automatisch messende fest installierte Bojen, die per GPS die Bewegung des Eises, die Eisdicke, Lufttemperatur und bis 1000 m Tiefe Wassertemperatur und Salzgehalt, zum Teil weitere geophysikalische Daten erfassen. *http://psc.apl.washington.edu/northpole/index.html*
Unter *http://www.arctic.noaa.gov/np2015/DriftMap.png* finden sich weitere Driften anderer Bojen.

4. Eisdrift im Nordpolarmeer

Bereits 1994 lagen, vor allem durch die Ergebnisse der IPYs, so viele Daten vor, dass eine Übersicht über die Eisdrift im Nordpolarmeer zusammengestellt werden konnte. In dem Lehrbuch von Tomczak & Godfrey Godfrey (1994) ist die diese dann auch ausführlich dargestellt.".

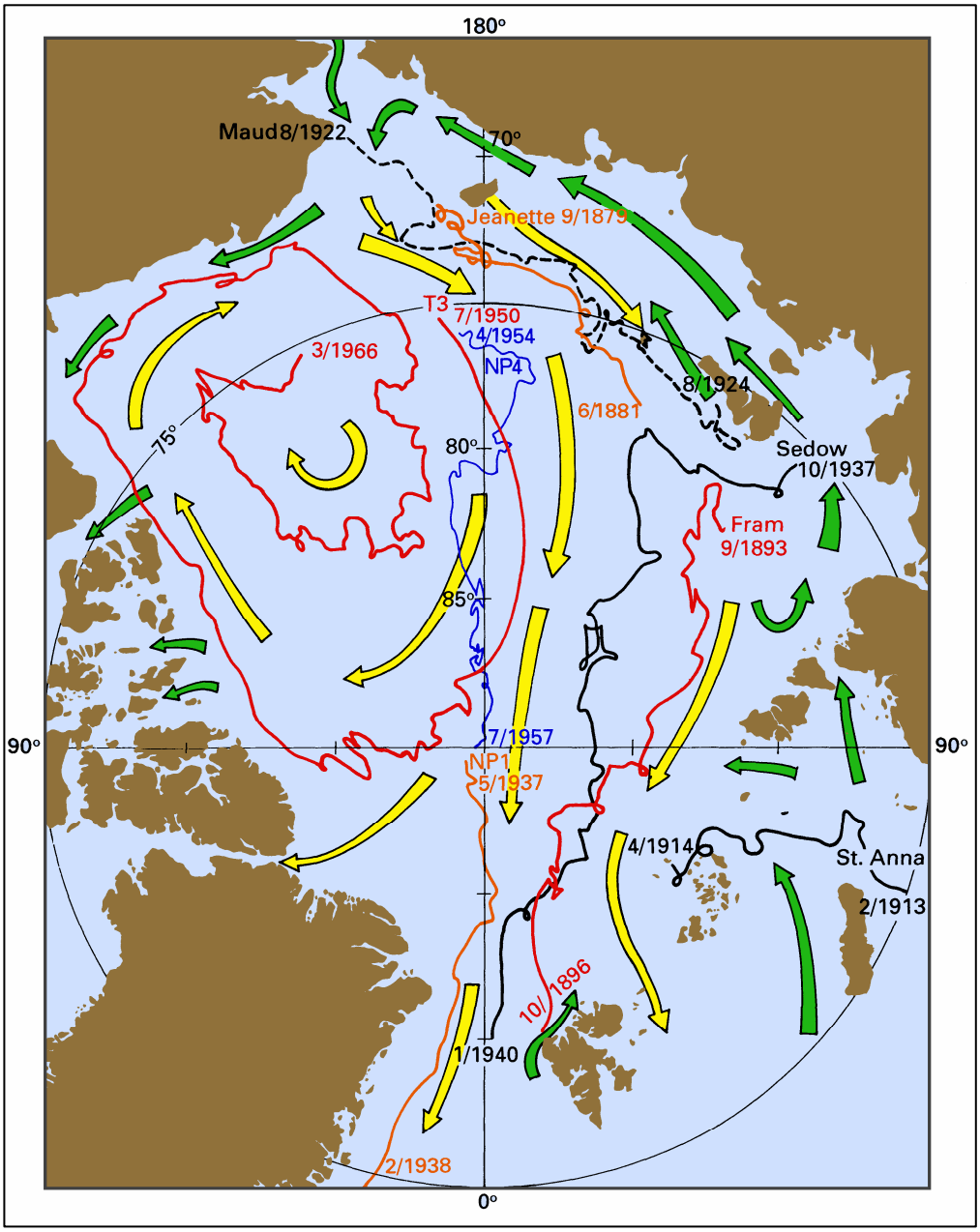


Abb. 8: Die Pfeile geben die Driftrichtungen des polaren Eises an:
1. Im Bereich des kanadisch-russischen Eismeeres gibt es den umfangreichen Beaufort-Wirbel.
2. Etwa entlang des 180sten/ 90sten Längengrades driftet das Eis kontinuierlich Richtung Ostgrönland.
3. Nördlich der Neusibirischen Inseln sowie von Sewernaya Semlya und Franz-Josef-Land driftet das Eis nach Spitzbergen. Die ebenfalls eingetragenen Bahnen der *Fram* und des russischen Forschungsschiffes *Sedow* trugen zu dieser Erkenntnis wesentlich bei.
4. In Küstennähe von Russland und Alaska verlaufen die Strömungen (im Sommer wird es dort meist eisfrei) entgegengesetzt zu denen der inneren Arktis (grüne Pfeile). Eingetragen sind einige weitere extreme Eisdriften. Die Abbildung ist auf Seite 89 (Chapter 7) des Buches **Regional Oceanography** von Tomczak, Matthias & J Stuart Godfrey, Verlag Elsevier, 1994, zu finden. Chapter 7 ist gesondert erreichbar unter:
http://gyre.umeoce.maine.edu/physicalocean/Tomczak/regoc/pdffiles/colour/single/07P-Arctic.pdf

5. Beschreibung einiger Bojen

Hier können aus der Vielfalt der eingesetzten Bojen nur einige ausgewählt werden.

Abb. 9 zeigt eine Schneeboje des Alfred-Wegener-Instituts, die soeben ausgesetzt wurde. Im Hintergrund erkennt man die *Polarstern*. Die Schneebojen werden dazu genutzt, um die Schneedecke auf dem Meereis durch die Entfernung zur Schneeoberfläche mit vier Ultraschall-Sensoren zu messen. Außerdem erfassen die Bojen die Lufttemperatur und den Luftdruck. *https://www.awi.de/nc/en/about-us/service/press/press-release/schneebojen.html*

Abb. 10 zeigt eine mit dem Eis driftende Wetterstation für Temperatur, Luftdruck und Wind sowie dem Übertragungssystem zu Satelliten. Im Hintergrund ist wiederum die *Polarstern* erkennbar.
https://www.awi.de/nc/ueber-uns/service/presse/pressemeldung/eisschollen-als-bojen.html

Abb. 11, Geräte links und Mitte: US-amerikanische Eismassenbilanz-Bojen für die Messung der Eismassenbilanz der Meereisbedeckung in der Arktis, die für mehrjähriges Eis bestimmt ist.

Abb. 11, Messgerät, rechte Seite, zeigt eine Boje, die das einjährige Eis und dessen Massenbilanz misst (SIMB = Seasonal Ice Mass Balance Buoy). Sie wurde entwickelt, um die dramatische Veränderung zu einer jüngeren und dünneren Eisbedeckung zu erfassen. Die Boje ist mit akustischen Peilern über und unter dem Eis ausgerüstet sowie mit einer Temperatur-Messkette, die sich in jeweils 10 cm Abstand von der Luft über dem Eis, durch die Schneedecke und das Eis hindurch ins Wasser erstreckt. Die Bojen sind außerdem mit Instrumenten zur Messung von Lufttemperatur und Luftdruck sowie GPS bestückt. Ein Datensammelsystem sendet dann die Daten zu einem Satelliten-Netzwerk. *http://www.erdc.usace.army.mil/Media/Fact-Sheets/Fact-Sheet-Article-View/Article/553850/ice-mass-balance-imb-buoy-program/* Näheres zu diesen Bojen ist auch zu finden unter: *http://imb.erdc.dren.mil/buoyinst.htm*

6. Aktueller Bojeneinsatz

Sowohl die Herstellung als auch die Logistik für das Aussetzen der Bojen und Eisstationen sowie die Datenmessung und -übertragung kosten viel Geld. Daher müssen sich zahlreiche Länder an diesen Programmen beteiligen. In der folgenden Abb. 12 sind nur die für 2016 geplanten Aktivitäten des IABP = International Arctic Buoy Programme enthalten. Es fehlen z. B. die voraussichtlichen Aktivitäten Russlands und weiterer Länder, vor allem auch die Beobachtungen per Satellit. Die teilnehmenden Institute am IABP sind zu finden unter:
http://iabp.apl.washington.edu/overview_contributions.html

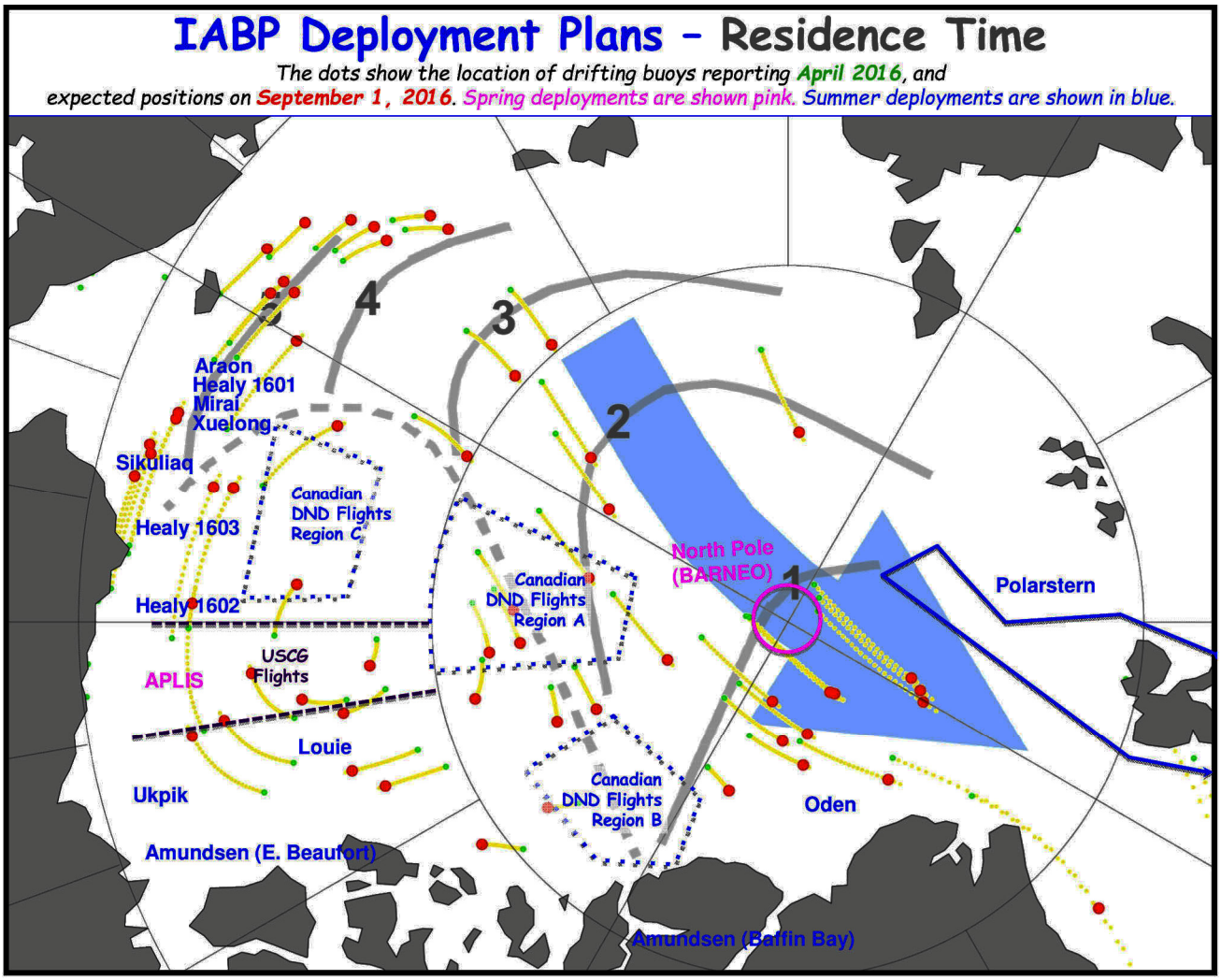


Abb.12: Der Plan für den Messgeräte-Einsatz im Frühjahr und Sommer 2016 auf der grönländisch-amerikanischen Seite des arktischen Meeres. Die grauen - gebogenen - Linien zeigen die mittlere Zeit (Jahre), bis das Eis die Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen (großer Pfeil) erreicht. Die grünen (kleinen) Punkte repräsentieren die Lage der Bojen im Frühjahr 2016, während die gelben Linien (dünne graue Linien) die Drift der Bojen anzeigt bis hin zum roten (dickeren) Punkt, der voraussichtlich am 1.9.2016 erreicht wird. Weiterhin sind einige Gebiete, in denen Flugzeugmessungen geschehen sollen, eingezeichnet sowie bei Spitzbergen die vorgesehene Route der *Polarstern*. Direkt am Pol ist die Basisstation "Barneo" eingetragen. Abb. von:
http://iabp.apl.washington.edu/overview_deploymentplans.html

7. Besonderheiten 2015 und 2016 in der Arktis

Die Messsysteme erfassen natürlich auch aktuelle Ereignisse im Bereich der Arktis. Neben ozeanografischen Parametern wie Eisdrift, Eisdicke und Massenbilanz des Schnees werden auch - meist bis etwa 100 m Tiefe - Wassertemperatur und Salzgehalt gemessen. Besonders aktuell und für die Wettervorhersage wichtig sind die Messungen der Temperatur, des Luftdrucks und - an einigen Stationen - Windrichtung und -geschwindigkeit. Somit konnte auch ein außergewöhnlicher Wärmeeinbruch bis zum Nordpol am Jahresende 2015 erfasst werden.

7.1 Am 29./30.12.2015 Tauwetter am Nordpol

Im Wetterblog von Jeff Masters wurde Anfang Januar 2016 u. a. auf einen Bericht in der Washington Post verwiesen, der den Titel trägt: "Freak storm pushes North Pole 50 degrees above normal to melting point". *https://www.washingtonpost.com/news/capital-weather-gang/wp/2015/12/30/freak-storm-has-pushed-north-pole-to-freezing-point-50-degrees-above-normal/*
Natürlich sind 50°F (27,8°C) gemeint, und freak bedeutet ein "extremely unusual and unexpected event" (= extrem ungewöhnliches und unerwartetes Ereignis, nach Internetlexikon LEO). In den englischen Texten kommt dabei auch der Begriff "unprecedented" vor = "noch nie da gewesen",

zumindest ist eine derartige Temperatur bisher nie im Hochwinter gemessen worden. Man muss allerdings bedenken, dass es erst seit einigen Jahren einigermaßen regelmäßige Messwerte vom Gebiet um den Nordpol gibt.

Die englische Zeitung The Telegraph titelte: "Storm Frank causes rare winter 'heatwave' in Arctic with temperatures rising about 30C above normal" (= Orkan Frank verursacht eine seltene winterliche 'Hitzewelle' in der Arktis mit Temperaturwerten bis zu 30°C über dem Normalwert.)

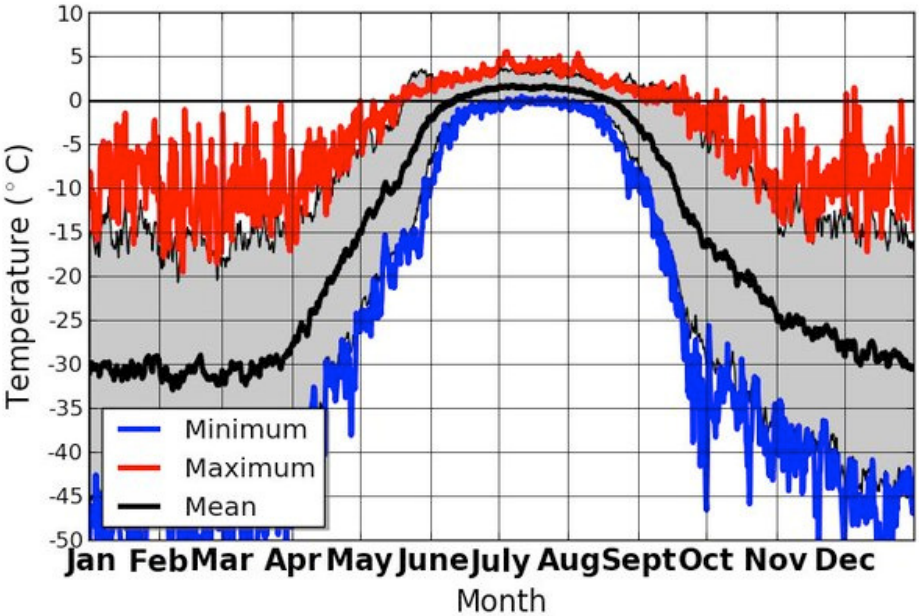


Abb. 13: Absolute maximale (rot) und minimale (blau) sowie die Mitteltemperatur (schwarz) am Nordpol (1948 - 2014, NCEP/ NCAR Reanalyse). Bob Henson (Mitherausgeber des Wetterblogs von Jeff Masters) twitterte die Abb. zu diesem Artikel mit den Worten: "Wie viele Messungen mit Werten über 0°C gab es jemals im Januar? Keine!, jedoch drei im Dezember."

Anzumerken ist, dass diese Kurven nicht aus echten Messungen entstanden sind, sondern aus auf Beobachtungen und numerischen Wettermodellen beruhenden vieljährigen Wetterkartenserien für alle Isobaren-Hauptflächen (z. B. 850-, 500-, 100-hPa etc). Mehr dazu unter: *http://reanalyses.org/*

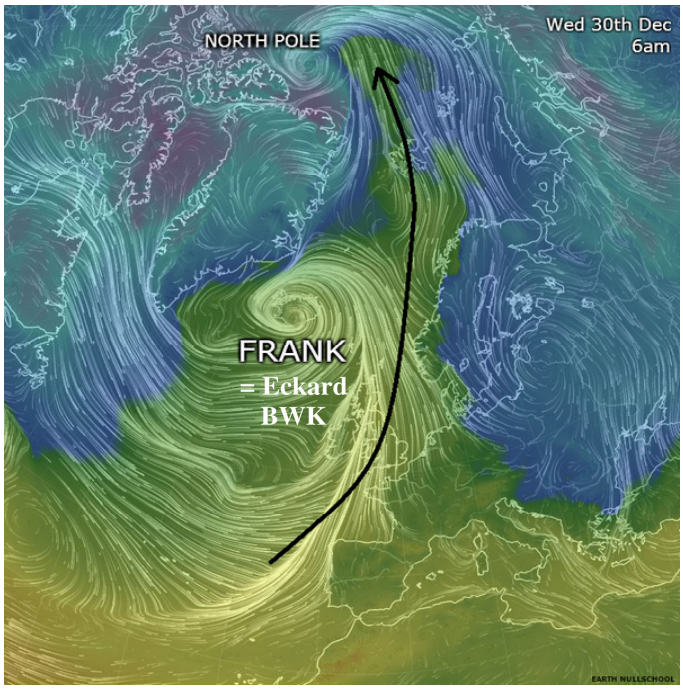


Abb. 14: The Telegraph brachte auch eine Strömungskarte für den Nordatlantik und das Eismeer bis zum Pol für den 30.12.2015, morgens. Der Orkan Frank (nach UKMetOffice, s. Beilage Nr. 86/15 vom 18.12.2015, "Namen") schaufelte weitere Warmluft Richtung Spitzbergen. In der BWK erhielt dieser Wirbel den Namen Eckard (s. auch Beilage Nr. 17/16 vom 24.3.2016, Seite 7). Immerhin stieg die Temperatur am 30.12.2015 in Ny Alesund auf Spitzbergen bis +7,4°C, in Longyearbyen (Svalbard Lufthavn) sogar bis +8,1°C. Temperaturangaben nach *www.ogimet.com.* Abb. 13 und 14 von *http://www.telegraph.co.uk/news/weather/12075282/North-Pole-temperatures-spike-above-freezing-as-Storm-Frank-sends-warm-air-north.html*

7.2 Die Messwerte vom 29./30.12.2015 im Einzelnen

Es gibt zwar eine ganze Anzahl von Bojen im Bereich des arktischen Meeres, das jedoch etwa 14 Mill. km² groß ist. Zum Vergleich: Deutschland hat eine Fläche von etwa 0,357 Mill. km², d. h. Deutschland passt etwa 40 Mal auf die Fläche des arktischen Ozeans. Am 7.7.2016 waren 22 Bojen in Betrieb, die zu diesem Zeitpunkt nördlicher als 80°N lagen und täglich, z. T. stündlich meldeten. Jedoch bedeutet dies, dass es auf dem riesigen Areal des arktischen Meeres eine nur sehr geringe Stationsdichte gibt. - *http://psc.apl.washington.edu/northpole/index.html*

Abb. 15 zeigt die Positionen der am 30.12.2015 von der Arktis meldenden Bojen, insgesamt 13, nördlich von 80 Grad sind es sogar nur 12 Bojen. Unter der unter diesem Absatz stehenden Adresse angegebenen Adresse sind die stündlichen Meldungen vom 29. und 30.12.2015 der in der Abb. enthaltenen Bojen abrufbar.

Wie in Abb. 14 zu sehen ist, breitete sich die Wärme vom Nordmeer durch die Fram-Straße zum Polargebiet aus. Daher wurden die Bojen 1 und 2 zur Repräsentanz der "kalten" Seite der Arktis in diesen Tagen ausgewählt, die drei anderen zur Beschreibung der nordwärts vordringenden Warmluft. Es gibt auch Hinweise, dass es in der Nähe des Nordpols geregnet hat.
http://iabp.apl.washington.edu/Dec2015_Event/ArcticAir_12-30-2015.html

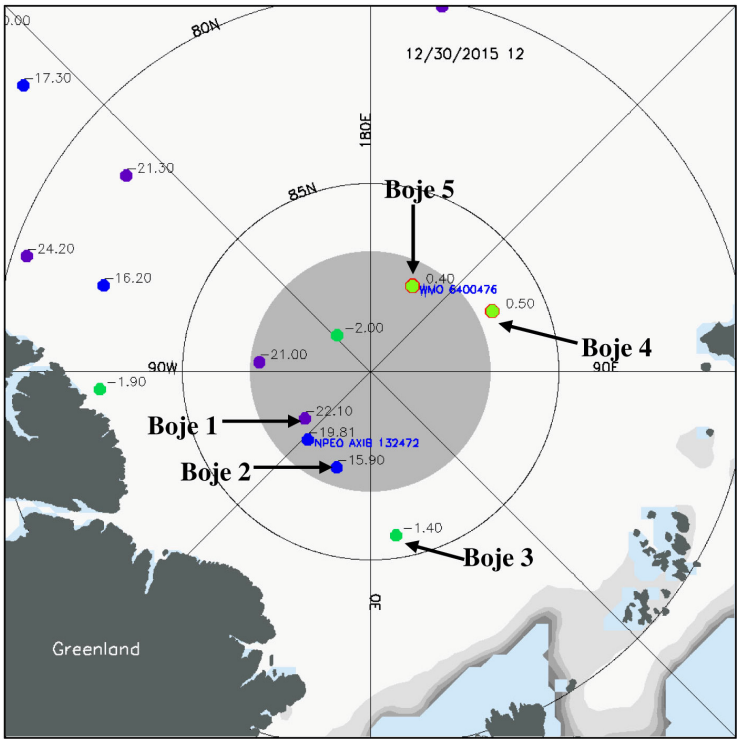


Abb. 16 (Tabelle): Stündliche Meldungen der fünf Bojen, die in Abb. 15 gekennzeichnet sind, vom 29.12.2015, 00 UTC, bis zum 30.12.2015, 23 UTC. Bis etwa 06 UTC am 29.12. blieben die Temperaturwerte an allen Stationen bei für die Jahreszeit durchschnittlichen Werten von -20 bis -34°C. Danach stieg die Temperatur innerhalb der nächsten neun Stunden (bis 15 UTC) an der auf der grönländischen Seite am weitesten im Süden liegenden Boje 3 von -24,3°C auf +1,0°C, bis 19 UTC sogar auf +2,2°C, ein Wert, der dort zu dieser Jahreszeit in Polnähe zumindest seit 1948 noch nie beobachtet bzw. ermittelt worden ist (s. die Anmerkung zu Abb. 13). Insgesamt blieb die Temperatur an dieser Boje 19 Stunden lang über dem Gefrierpunkt.

Die ungefähr 500 Kilometer entfernten und etwas näher am Pol liegenden Bojen 4 und 5 wurden vom Tauwetter erfasst, als Boje 3 schon wieder leichten Frost meldete. Am 30.12.2015 herrschte an Boje 4 ab 10 UTC vier Stunden lang Tauwetter mit maximal +0,5°C, an Boje 5 ab 12 UTC für zwei Stunden mit bis zu +0,7°C. Um 23 UTC wurde an Boje 4 ein Rest der Wärme mit -6,0°C gemessen, während die anderen bereits wieder Werte um -20°C aufwiesen.

Temperaturverlauf einiger Automatikstationen nördlich von 85°Nord 29./30.12.2015

	88,5N/ 49W	88N/ 20W	86N/ 05E	87N/ 105E	88N/ 130E
Station	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
29.12.,00z	-33,5	-30,4	-25,5	-26,9	-25,7
01z	-33,8	-30,2	-26,0	-27,0	-24,9
02z	-37,7	-30,0	-25,8	-24,5	-23,3
03z	-34,3	-29,8	-26,0	-23,3	-22,2
04z	-33,9	-29,7	-25,5	-22,5	-22,2
05z	-34,0	-29,5	-24,9	-21,1	-23,0
	-34,3	-29,2	-24,3	-20,0	-24,1
	-34,4	-28,9	-23,2	-19,2	-24,7
	-33,8	-28,6	-21,6	-18,3	-25,3
	-32,2	-28,4	-19,9	-18,2	-25,6
10z	-30,2	-28,1	-17,8	-22,0	-26,1
	-27,8	-27,9	-14,3	-23,9	-26,3
	-26,3	-27,6	-9,2	-23,2	-26,6
	-24,8	-27,3	-4,6	-24,1	-26,7
	-23,8	-27,0	-0,1	-25,4	-26,8
15z	-23,0	-26,7	1,0	-25,8	-27,4
	-21,7	-26,4	1,2	-25,4	-26,8
	-20,6	-25,9	2,0	-25,2	-25,5
	-19,4	-25,3	2,1	-24,8	-22,6
	-17,9	-24,8	2,2	-22,6	-21,5
20z	-16,8	-24,6	2,1	-19,7	-21,5
	-15,4	-24,3	2,2	-16,5	-20,7
	-13,2	-23,5	2,1	-14,2	-20,0
	-10,4	-22,5	2,1	-12,1	-19,1
30.12.,00z	-6,7	-21,3	2,0	-10,4	-16,8
	-2,3	-19,9	1,9	-9,7	-15,0
	-0,7	-18,9	1,8	-8,4	-12,7
	-3,5	-17,8	1,8	-7,4	-10,3
	-9,0	-16,4	1,7	-5,9	-8,8
05z	-14,8	-15,4	1,4	-5,4	-7,0
	-18,1	-15,3	1,2	-3,0	-5,0
	-18,9	-15,4	0,8	-1,5	-2,0
	-18,8	-15,9	0,5	-0,8	-0,5
	-19,3	-16,3	0,2	-0,7	-0,5
10z	-20,4	-17,0	-0,1	0,2	-0,2
	-20,9	-16,4	-0,4	0,4	-0,1
	-22,1	-15,9	-1,4	0,5	0,4
	-22,5	-15,6	-7,0	0,1	0,7
	-24,2	-15,8	-14,2	-0,7	0,0
15z	-25,2	-16,7	-19,0	-1,0	-0,3
	-25,7	-17,5	-20,2	-1,3	-0,7
	-25,5	-18,1	-21,0	-1,3	-1,2
	-24,5	-18,6	-21,3	-1,3	-1,3
	-24,3	-18,8	-21,8	-1,0	-1,6
20z	-24,1	-18,8	-21,7	-0,7	-1,8
	-23,9	-19,0	-21,7	-0,8	-7,4
	-22,8	-19,4	-22,2	-1,1	-16,2
	-22,5	-19,9	-22,4	-6,0	-20,7

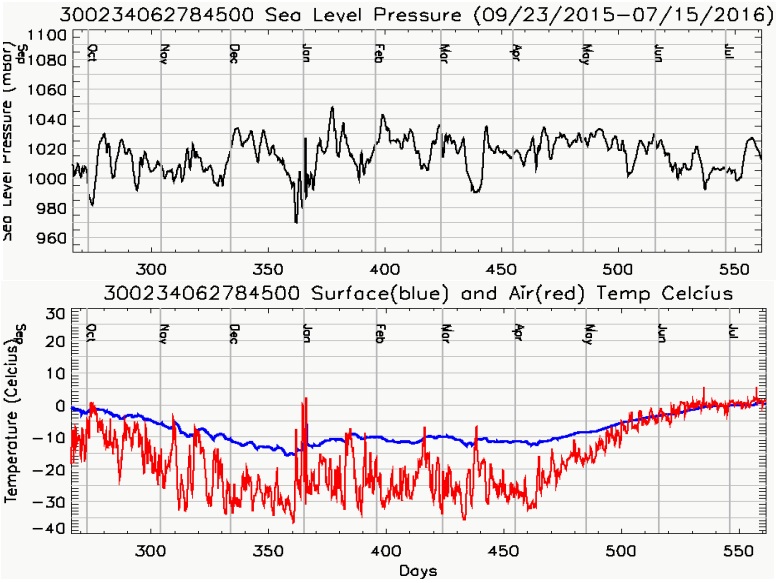


Abb. 17: Verlauf des Luftdrucks (oben) und der Lufttemperatur (Zackenkurve unten) sowie der Oberflächentemperatur direkt über dem Eis der AWI-Boje **(in Abb. 7 Boje Nr. 1, in Abb. 15 Boje Nr. 3)** zwischen dem 23.9.2015 und 15.7.2016. Man kann gut erkennen, dass kurz vor dem Jahreswechsel der Luftdruck bis 970 Hektopascal sank, bis Mitte Januar dann auf fast 1050 Hektopascal stieg, wobei es weiterhin mit Temperaturwerten von -15 bis -25°C für die Jahreszeit erheblich zu mild blieb. Erst zu Beginn des "Sommers", Mitte Mai, stieg die Temperatur jahreszeitbedingt etwas über den Gefrierpunkt. Abb. 17 ist zu finden unter: *http://iabp.apl.washington.edu/raw_plots.php?bid=300234062784500#top*

7.3 Im Jahr 2016: Die bisher wärmsten Januar- und Februar-Monate in der Arktis

Unter der Adresse *http://www.arctic.noaa.gov/essay_wang.html* ist ein Artikel von Muyin Wang zu finden mit dem Titel: "The Warmest January/February in the Arctic".

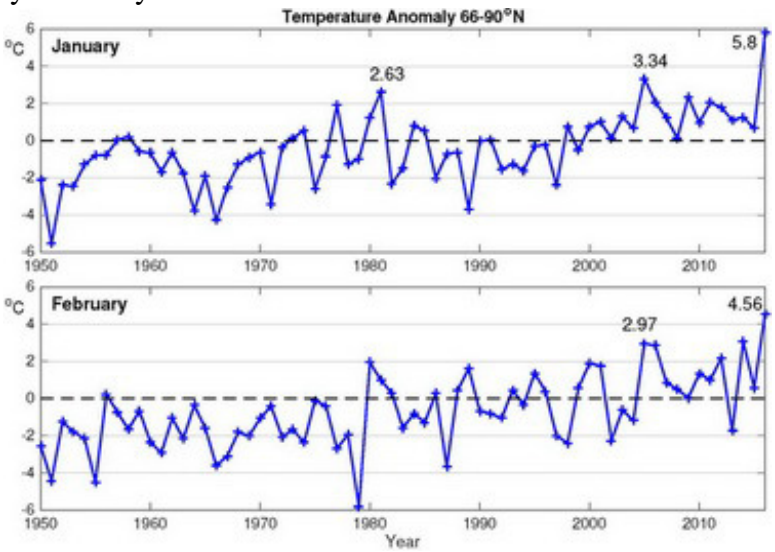


Abb. 18: Zu dieser Abb. notiert M. Wang: "Die ersten beiden Monate des Jahres 2016 brachten in der Arktis neue Temperaturrekorde im Vergleich zum Zeitraum 1948 bis 2014" (s. auch Abb. 13). "und im Februar die geringste Meereisbedeckung im Vergleich zum Mittel der Jahre 1981 bis 2010. Die für das gesamte Gebiet zwischen 66 und 90°N gemittelten Temperaturabweichungen lagen im Januar bei +5,8°C, im Februar bei 4,56°C."

"Wenn wir diese beiden Monate im historischen Zusammenhang anschauen, können wir sehen, dass eine derartige ungewöhnliche Wärme noch nie da gewesen ist" ('unprecedented', s. S. 8, unten). "Das Gebietsmittel der arktischen bodennahen Temperatur zeigt über die Jahre hinweg eine große Variabilität. Seit 2000 ist sie im Januar immer über dem Mittel geblieben. ... Die Standard-Abweichung der Monatsmitteltemperatur der Januar-Anomalie für die Reihe 1981 bis 2010 liegt bei 1,6°C, diese neue positive Temperaturanomalie stellt das 3,6-fache der normalen Variabilität dar. Der Februar, der eine Standard-Abweichung von 1,52°C aufweist, bringt es auf das 3-fache der normalen Abweichung."

M. Wang notiert weiterhin: "Diese noch nie da gewesene Wärme entspricht den großen positiven Temperaturabweichungen über dem arktischen Ozean und dem nordamerikanischen Kontinent (s. Abb. 19). Allgemein ist akzeptiert, dass das arktische Meereis einen abnehmenden Trend aufweist mit mehr und dünnerem Einjahreseis, das die Eisbedeckung des zentralen arktischen Ozeans dominiert. ... Diese Schicht von Meereis spielt eine Rolle als "Decke" über dem arktischen Ozean, die das Entweichen von Wärme aus dem Ozean in die Atmosphäre begrenzt. Aber es gibt Hinweise, dass auch das Meereis zulässt, Wärme aus dem Ozean in die Atmosphäre abzugeben. Außerdem kann durch dünneres Eis mehr Wärme zur Atmosphäre gelangen als durch dickeres. Diese großen Januar- und Februar-Anomalien der Temperatur bieten zusätzliche Hinweise darauf, dass das Meereis höchstwahrscheinlich dünner als je zuvor ist - zusätzlich zu Zirkulationsänderungen."

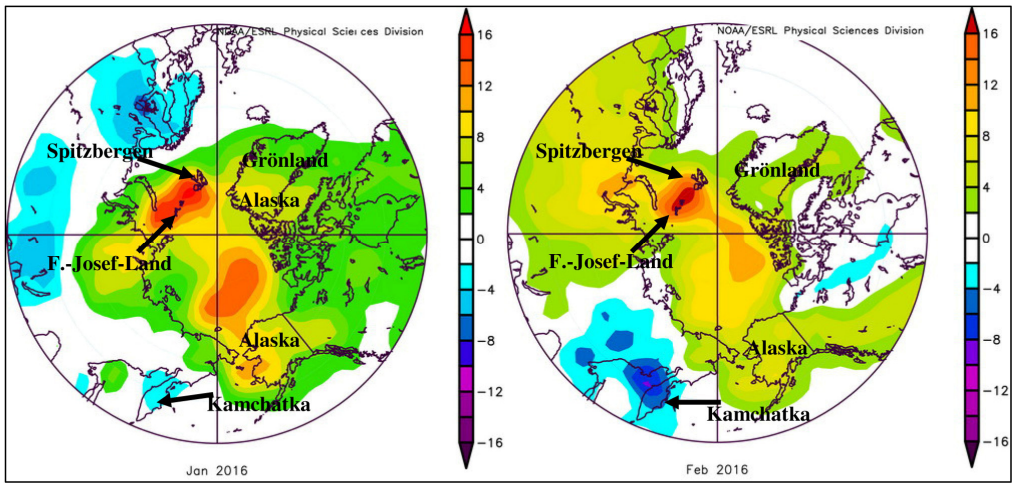


Abb. 19: Januar- (links) und Februar-Anomalien (rechts) der Temperatur über der Arktis nach NCEP/NCAR-Reanalyse vom Mittel der Jahre 1981 bis 2010. Wang schreibt: "Die ungewöhnliche Wärme erfasste nahezu den gesamten arktischen Ozean, wobei zwei große Anomaliezentren auffallen: Eines nördlich von Alaska, das andere beim Franz-Josef-Land.... Beide Zentren wiesen eine Temperaturanomalie von mehr als 10 K auf, ... was zu eisfreiem Meer im größten Teil des südlichen Beringschelfs führte."

In der Beilage Nr. 17/16 vom 24.3.2016 sind diese Temperaturverhältnisse bereits beschrieben. Immerhin sind dort in Abb. 4 maximale Abweichungen für Januar von +14,6 und für Februar von +13,6 K zu entnehmen, jedoch ohne Angabe, wo dies aufgetreten ist. In Abb. 19 sind nun die Abweichungen jeweils beim Franz-Josef-Land im Januar 2016 mit Werten bis +14 K, im Februar bis +16 K angegeben. An der Station E. Krenkelja auf 80°37' Nord/ 58° Ost auf Franz-Josef-Land (nach dem Funker Ernst Krenkel der Polstation NP1 - s. Abb. 2 - benannt) liegt die mittlere Höchsttemperatur im Januar bei -19,2°C, in diesem Jahr war die niedrigste Höchsttemperatur bei -16,9°C, am 2.1. wurde sogar +1,2°C gemessen. Im Februar liegt die mittlere Maximumtemperatur bei -19,5°C, an nur einem Tag (7.2.) wurde mit -19,4°C dieser Wert fast erreicht. Dagegen stieg die Temperatur am 11.2. bis -1,4°C, am 22.2. sogar bis -0,7°C. Bemerkenswert ist, dass es während beider Monate bei Kamchatka erheblich zu kalt war, im Januar um fast -6 K und im Februar um -8 K.

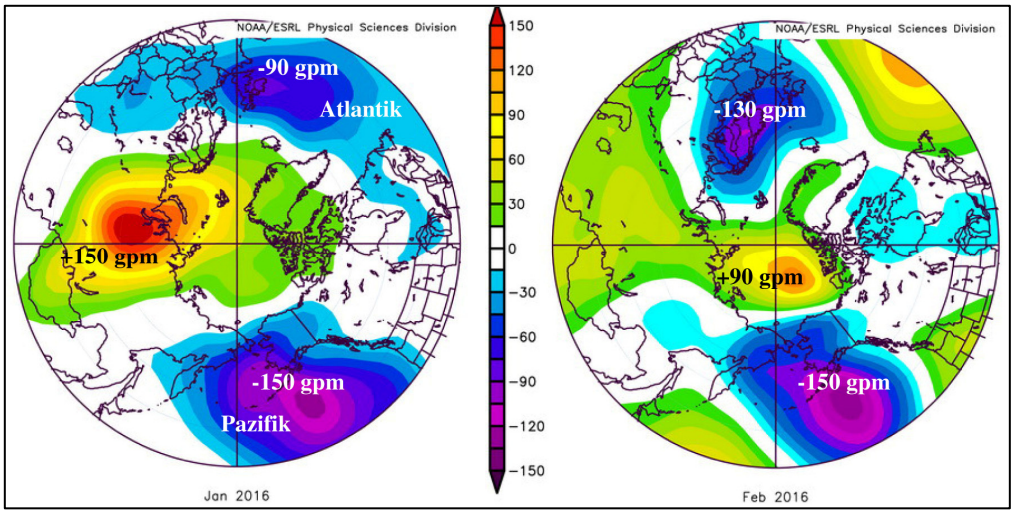


Abb. 20: Die mittlere Abweichung der Luftdruckverteilung der Druckfläche 925 Hektopascal (ca. 750 m ü. NN) im Polargebiet im **Januar (links)** und im **Februar (rechts)** 2016. Beide Monate wurden durch zwei Tiefzentren (negative Abweichung) bei den Aleuten und über dem Nordatlantik bestimmt, wobei im Januar eine ebenso große positive Abweichung über Westsibirien korrespondierte. Diese verlagerte sich unter Abschwächung im Februar zur Beaufort-See nördlich von Alaska. Dies bedeutet, dass in beiden Monaten eine nahezu ununterbrochene Südströmung über das Nordmeer in Richtung Spitzbergen verlief. **Die dort herrschende ungewöhnliche Wärme wurde demnach durch eine lang andauernde Zirkulationsanomalie verursacht.**

Zur Beachtung: Wenn die angegebenen Internetadressen über zwei oder mehr Zeilen gehen (wie z. B. auf Seite 2, 3, 5, jeweils Mitte sowie Seite 10, oben), ist an der Trennungsstelle eine Leerstelle zu beseitigen, wenn man die Adresse nutzen möchte. Wenn jedoch in der Adresse ein Trennungszeichen steht, wie z. B. auf Seite 2 oben oder auf Seite 7, vorletzter Absatz, ist sie zu nutzen, so wie sie dort notiert ist.