



Climate and weather of the Polar Regions



Klima und Wetter der Polarregionen

Dr Frigga Kruse

 <https://orcid.org/0000-0003-1778-1010>

Bilingual teaching module
Part of „Einführung in die Polarbiologie“
Kiel University, 17.12.2021

Download available on

zenodo

- Define *Climate*

- Cambridge Dictionary:

- “*The **general** weather conditions usually found in a particular place*”

- Definier *Klima*

- Duden:

- „Für ein bestimmtes geografisches Gebiet **typischer** jährlicher Ablauf der Witterung“



- Define
Weather

- Cambridge Dictionary:
- *The conditions in the air above the earth such as wind, rain, or temperature, esp. at a **particular** time over a particular area*

- Definier
Wetter

- Duden:
- *Zustand der Atmosphäre zu einem **bestimmten** Zeitpunkt an einem bestimmten Ort, der in Gestalt von Sonnenschein, Regen, Wind, Wärme, Kälte, Bewölkung o. ä. in Erscheinung tritt*

- Is there an English equivalent for *Witterung*?

“in all weathers”

- Definier *Witterung*
- Duden:
- *Wetter während eines bestimmten Zeitraums*

“*bei jeder Witterung*”

- Have you talked about the **weather** today?

- Hast Du heute schon übers **Wetter** geredet?

“There's a grain of truth in every joke.”

Farlex Dictionary of Idioms. (2015).

Just wanted to warn you that tomorrow may set records for people talking about the weather.



somee cards

Scheiß Wetter!

Ich dachte schon ich hätte einen Sonnenbrand.

Aber das ist ROST!

DEBESTE

- Have you talked about the **climate** today?

- Hast Du heute schon übers **Klima** geredet?



Beste Reisezeit Schottland

Wann fährt man am besten nach Schottland? Wann stimmt das Wetter und wann treten die berühmtesten Midges am häufigsten auf? - Das Diagramm zeigt es. Rot ist dabei jeweils schlecht, gelb ok und grün sehr gut.



Die Klimadaten sind Mittelwerte verschiedener Wetterstationen in den Highlands. (Quelle: Met Office). Höhepunkte des Auftretens der Mücken können Wetter-bedingt in der Saison variieren. Die Anzahl ist vom Landesteil abhängig. Die Tourismusdaten beziehen sich auf gebuchte Unterkünfte im Jahre 2015 und stammen von Visit Scotland.

myhighlands.de

- Practical use: What do I need to pack?

- Praktische Anwendung: Was muss ich packen?

© Christophe Gouraud



- What will I wear for which activity?

- Was muss ich je nach Aktivität anziehen?



- “Climate” in Svalbard

- “Klima” in Svalbard

„Climate data“ for Longyearbyen (Svalbard)													
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Average high °C (°F)	-13.0 (8.6)	-13.0 (8.6)	-13.0 (8.6)	-9.0 (15.8)	-3.0 (26.6)	3.0 (37.4)	7.0 (44.6)	6.0 (42.8)	1.0 (33.8)	-4.0 (24.8)	-8.0 (17.6)	-11.0 (12.2)	-4.7 (23.5)
Average low °C (°F)	-20.0 (-4.0)	-21.0 (-5.8)	-20.0 (-4.0)	-16.0 (3.2)	-7.0 (19.4)	-1.0 (30.2)	3.0 (37.4)	2.0 (35.6)	-3.0 (26.6)	-9.0 (15.8)	-14.0 (6.8)	-18.0 (-0.4)	-10.3 (13.4)
Source: Climate and daylight in Svalbard (Longyearbyen)													

Air temperature is *only one aspect* of climate. In the Arctic, it is not even the one of most interest to people.

Die Lufttemperatur ist *nur ein Aspekt* des Klimas. In der Arktis ist sie nicht einmal derjenige, der die Menschen am meisten interessiert.

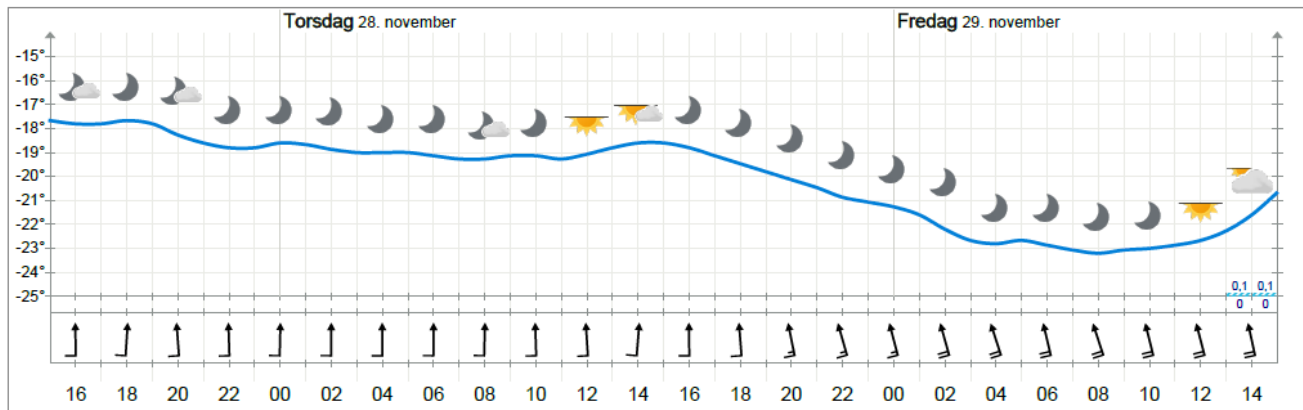
- I first check the weather report...

- Ich prüfe zuerst den Wetterbericht...

Værvarsel for Longyearbyen

Utskrift: 27.11.2019 kl 15

Meteogrammet for Longyearbyen onsdag kl 15 til fredag kl 15



Langtidsvarsel for Longyearbyen

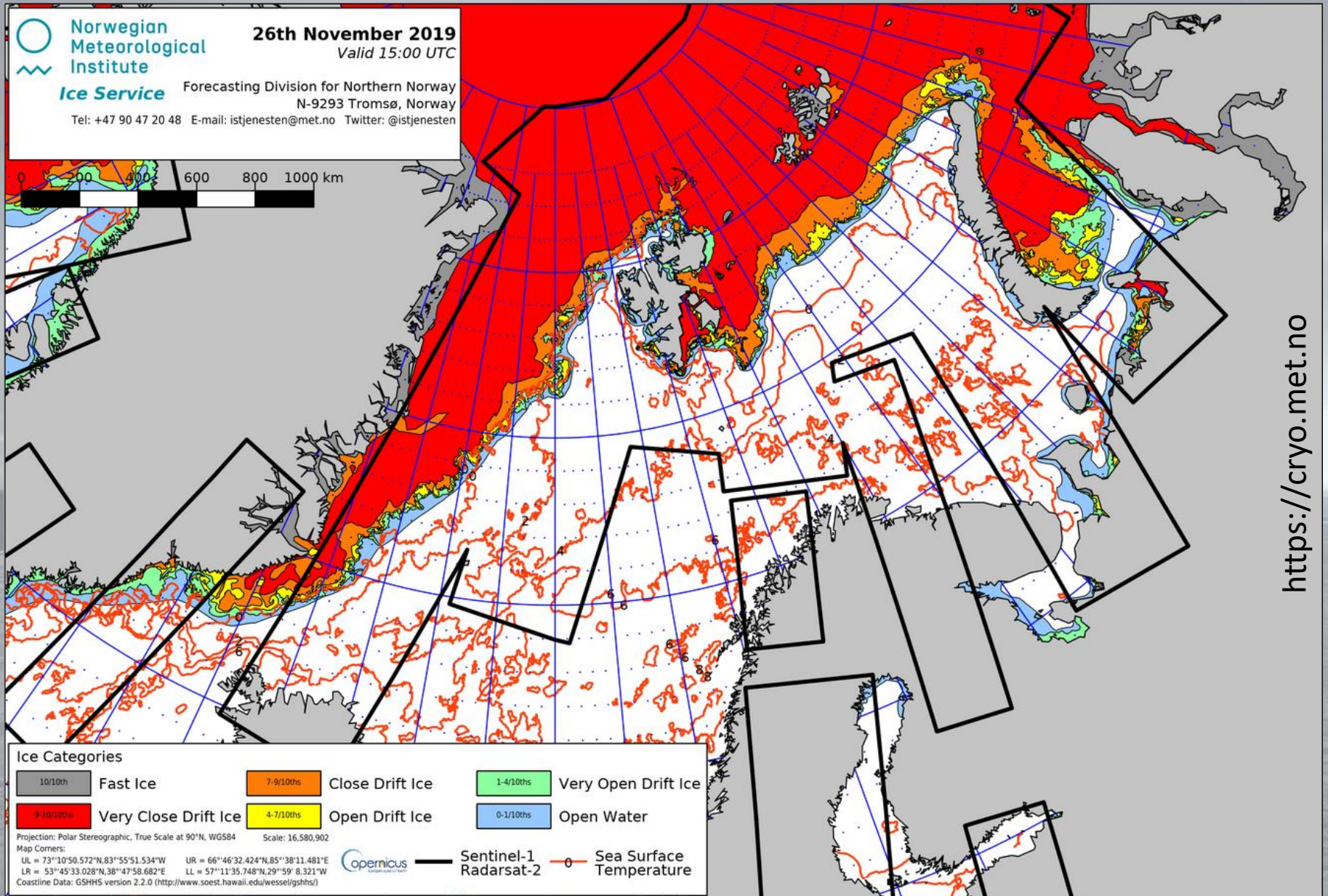
I morgen 28.11.2019	Fredag 29.11.2019	Lørdag 30.11.2019	Søndag 01.12.2019	Mandag 02.12.2019	Tirsdag 03.12.2019	Onsdag 04.12.2019	Torsdag 05.12.2019	Fredag 06.12.2019
-19°	-23°	-15°	-12°	-10°	-9°	-5°	-4°	-4°
Klarvær. Lett bris, 5 m/s fra sør. 0 mm nedbør.	Delvis skyet. Frisk bris, 10 m/s fra sør-sørøst. 0,3 mm nedbør.	Skyet. Laber bris, 6 m/s fra øst. 0 mm nedbør.	Skyet. Laber bris, 6 m/s fra øst. 0 mm nedbør.	Skyet. Svak vind, 3 m/s fra sør-sørøst. 0 mm nedbør.	Skyet. Svak vind, 2 m/s fra øst-sørøst. 0 mm nedbør.	Skyet. Lett bris, 4 m/s fra øst. 0 mm nedbør.	Skyet. Lett bris, 5 m/s fra sørøst. 0 mm nedbør.	Skyet. Lett bris, 5 m/s fra øst. 0 mm nedbør.

Langtidsvarselet viser ventet vær på dagtid. Temperatur- og vindvarselet gjelder for kl 12, symbolet og nedbørvarselet for kl 12-18. Treffsikkerheten på prognosene er svært god de første dagene, og avtar utover i perioden.

<https://www.yr.no/>

... then the ice chart

... dann die Eiskarte



... and then **“Windy”**.

... und zuletzt **“Windy”**.

Windy.com

Suche: NO-0034

Rwys, info **METAR** Webcams NOTAM

raw mode

METAR

No METAR found for this airport

METEOGRAM

	Mittwoch 27						Donnerstag 28					
Stunden	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	
Temperatur °C	-18°	-19°	-20°	-21°	-22°	-22°	-23°	-23°	-23°	-24°	-25°	
Taupunkt °C	-23°	-23°	-23°	-24°	-26°	-26°	-26°	-26°	-26°	-27°	-27°	
Wind kt	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Windböen kt	11	13	15	15	14	13	13	13	12	11	13	
Druck hPa	1015			1015				1014			1014	
Wolken, Regen mm	300h 90m FL180			500h 50m FL190								
Regen	700h 30m FL100											
Konv. Regen	800h 20m 6400ft											
Schnee	900h 90m 3000ft											
Wolkenobergrenze m	200	200	200	400	--	--	--	--	--	--	--	

Based on ECMWF model - Aktualisiert: vor 6 Std.

Mittwoch 27 - 15:00

Mittwoch 27 Donnerstag 28 Freitag 29 Samstag 30 Sonntag 1 Montag 2 Dienstag 3 Mittwoch 4 Donnerstag 5 Freitag 6

partikelanimation druck

Mehr Ebenen...

ECMWF GFS

kt 0 5 10 20 30 40 60

www.windy.com

Progress is **hindered** by...
ice and wind!

Das Vorankommen wird
behindert durch...
Eis und Wind!



... storms and
blizzards!

... Stürme und Schnee-
stürme!



... meltwater streams!

... Schmelzwasserflüsse!



... Solifluktion!

... Bodenfließen!



*Remember
this point
(in time)*

*Merk Dir
diesen
(Zeit)Punkt*



*We will return to it
later...*

*Wir werden später
darauf zurück-
kommen...*

- **Characteristics**
of polar
climate

- Pronounced annual climatic rhythm
- Result of atmospheric processes working on a global scale

- **Eigenschaften**
des polaren
Klimas

- Ausgeprägter jährlicher klimatischer Rhythmus
- Ergebnis von atmosphärischen Prozessen auf globaler Ebene

• Characteristics of polar climate

1. The Cold
2. Circulation
3. Temperature
4. Precipitation
5. Wind



• Eigenschaften des polaren Klimas

1. Die Kälte
2. Zirkulation
3. Temperatur
4. Niederschlag
5. Wind

1. The Cold



3 reasons:

1) The polar regions get **less solar energy** than rest of planet

- poles 40 % less than equator
- **lack** of sunshine in winter is crucial

1. Die Kälte

3 Gründe:

1) Die Regionen erhalten **weniger Sonnenenergie** als der Rest der Erde

- Pole 40 % weniger als Äquator
- der **Mangel** an Sonnenschein im Winter ist entscheidend

1. The Cold



3 reasons:

2) The polar regions **reflect more** of the solar radiation than elsewhere

- dark soils absorb as much as 90 %
- fresh snow and ice absorb less than 10-20 %

1. Die Kälte

3 Gründe:

2) Die Regionen **reflektieren mehr** Sonnenstrahlung als anderswo

- dunkle Böden nehmen bis zu 90 % auf
- Neuschnee und Eis absorbieren weniger als 10-20 %

1. The Cold



3 reasons:

3) The air holds 10x less moisture than at temperate latitudes and is notably clear of solid particles

- **Trap less** long-wave radiation from the earth's surface in the atmosphere

1. Die Kälte

3 Gründe:

3) Die Luft enthält 10x weniger Feuchtigkeit als in gemäßigten Breiten und ist besonders frei von Partikeln

- **Fangen weniger** langwellige Strahlung von der Erdoberfläche in der Atmosphäre

1. The Cold



→ **Loss in net radiation** except in summer months

- **Compensated for:**

- 1) Transport of air from lower latitudes (cyclones)
- 2) Latent heat (when water vapour is converted to rain, snow)
- 3) Oceanic transport

1. Die Kälte

→ **Verlust in Nettostrahlung**, außer im Sommer

- **Kompensiert** durch:

- 1) Transport von Luft aus niedrigeren Breiten (Zyklone)
- 2) Latente Wärme (Umwandlung von Dampf zu Regen, Schnee)
- 3) Ozeanzirkulation

Importance



Bedeutung

“On a world scale the polar regions are **heat sinks** and in order for the world atmosphere to maintain itself in equilibrium there must be a *net poleward shift of heat*. It is the manner in which this movement of heat takes place that determines **the particular climate** of any area in the polar regions.”

„Im Weltmaßstab sind die Polarregionen **Wärmesenken**. Damit sich die Weltatmosphäre im Gleichgewicht halten kann, muss eine *Verschiebung der Wärme zu den Polen* stattfinden. Es ist die Art und Weise, in der diese Wärmebewegung stattfindet, die **das jeweilige Klima** eines Gebiets in den Polarregionen bestimmt.“

• Contrasts



- Dramatic between North and South
- Dramatic between different parts in each polar zone
- Macro-scale topography
- Distribution of land and sea
- **Interaction between atmosphere and geography**

• Kontraste

- Drastisch zwischen Nord und Süd
- Drastisch zwischen verschiedenen Teilen in jeder Polarzone
- Makroskalige Topographie
- Verteilung von Land und Meer
- **Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Geographie**

2. Atmospheric circulation

- On a *uniform* earth surface:

each pole in a **vortex** surrounded by **westerlies**:

- Due to differential heating between poles and equator and effect of planetary rotation



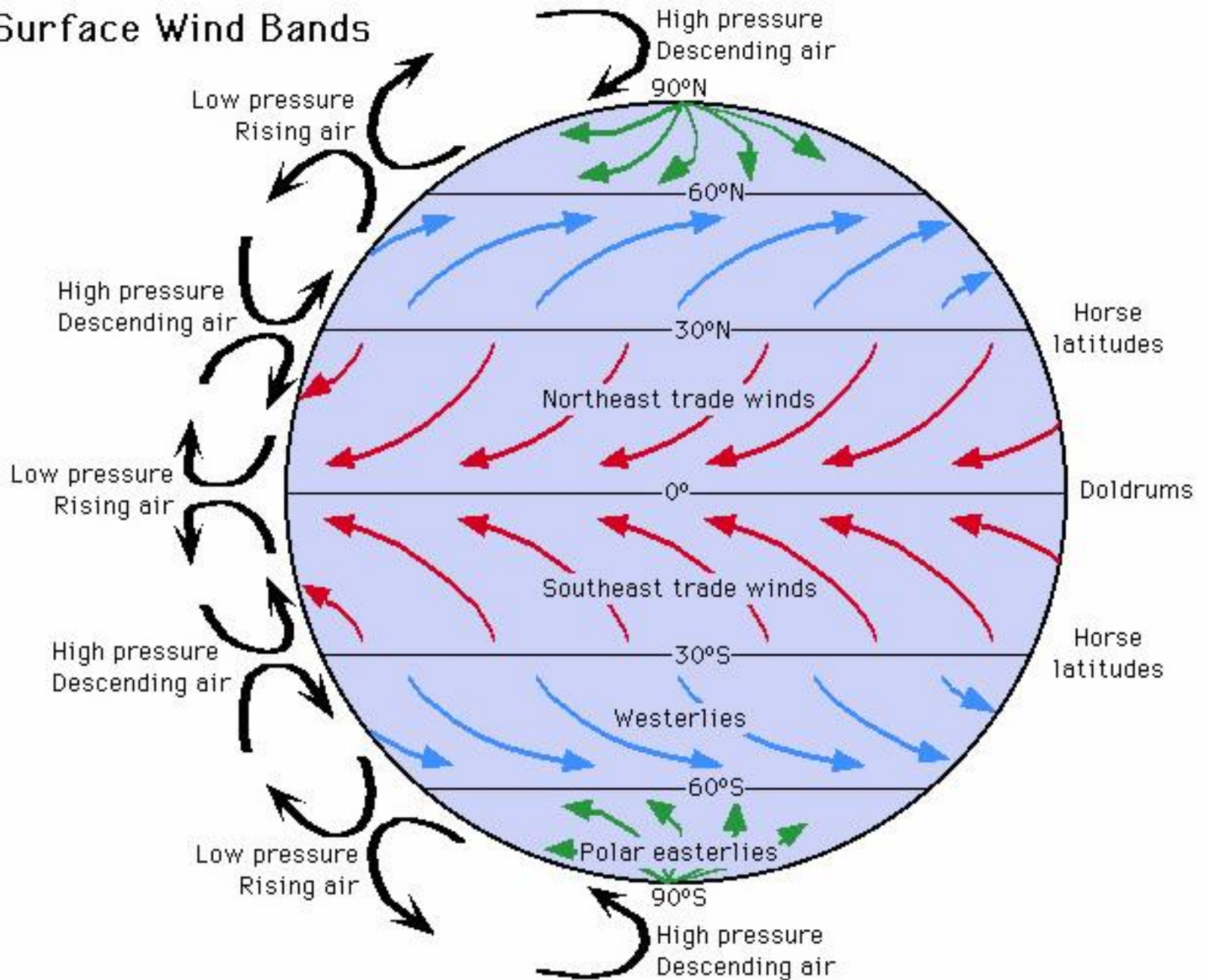
2. Atmosphärische Zirkulation

- Auf einer *ebenen* Erdoberfläche:

jeder Pol in einem **Wirbel** umgeben von **Westwinden**:

- Aufgrund der unterschiedlichen Erwärmung zwischen Polen und Äquator und des Einflusses der Erdrotation

Surface Wind Bands



Adapted from Duxbury, Alyn C. and Alison B. Duxbury. *An Introduction to the World's Oceans*, 4/e.
Copyright © 1994 Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa.

2. Atmospheric circulation

- Clockwise **vortex** over the South Pole
 - Fairly symmetrical and centred on pole
- Anticlockwise **vortex** over North Pole
 - Less simple and less centrally situated
- **Irregularities due to distribution of land and sea**



2. Atmosphärische Zirkulation

- **Wirbel** im Uhrzeigersinn am Südpol
 - Ziemlich symmetrisch und zentriert
- **Wirbel** gegen den Uhrzeigersinn am Nordpol
 - Weniger einfach und weniger zentriert
- **Unregelmäßig aufgrund der Verteilung von Land und Meer**

3. Temperature



- **Antarctic** temperatures are low all the year round.

3. Temperatur

- **Antarktische** Temperaturen sind das ganze Jahr über niedrig.

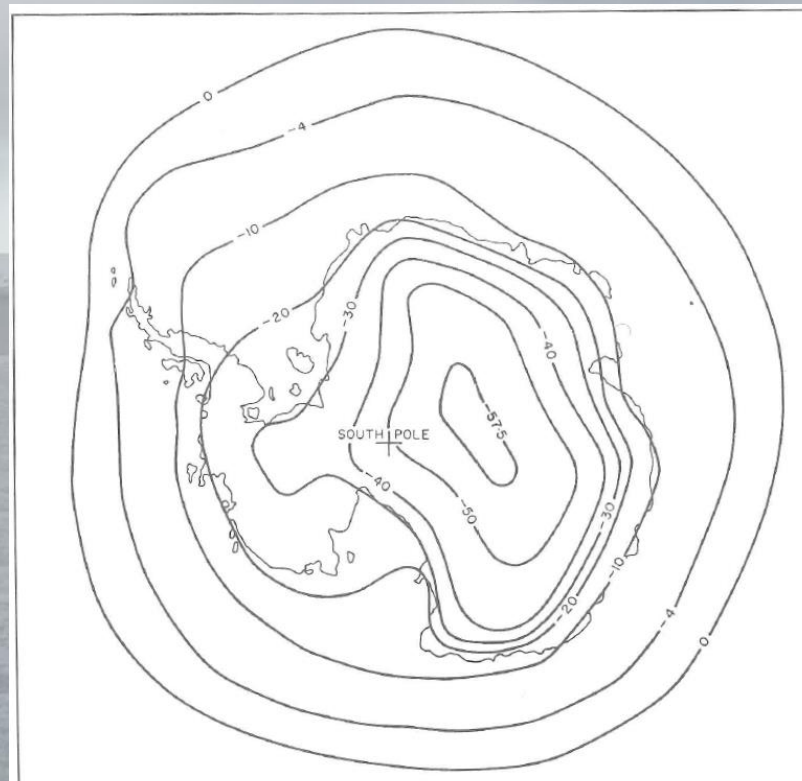


FIGURE 3.5 Mean annual surface temperatures in Antarctica (°C). After John and Sugden (1975).

3. Temperature



- Arctic pattern varies with the seasons.

3. Temperatur

- Das arktische Muster variiert mit den Jahreszeiten.

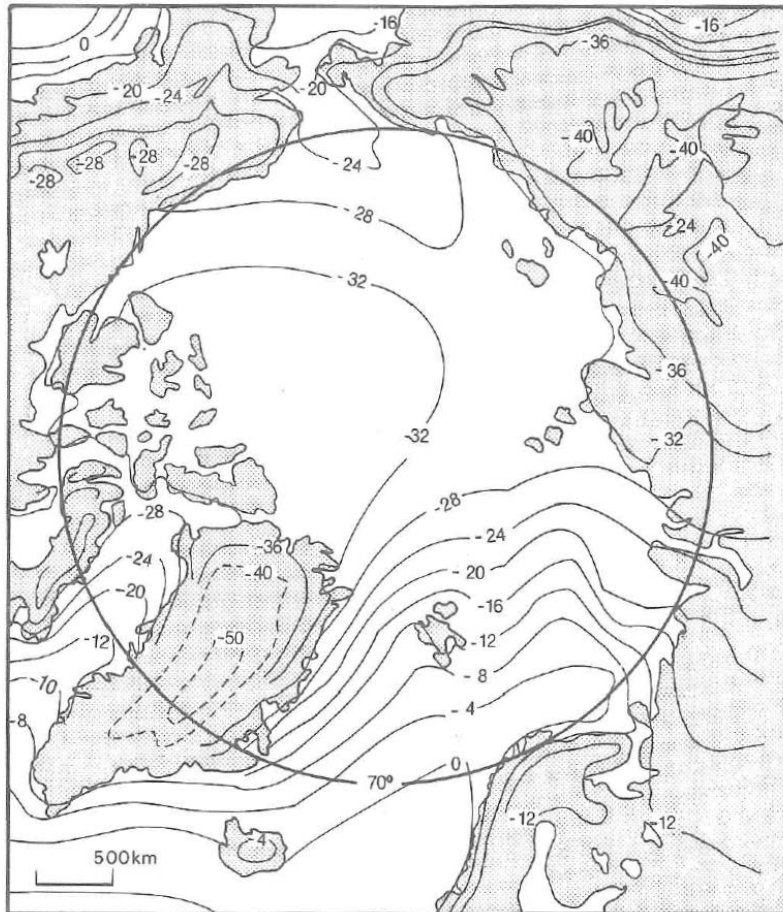


FIGURE 3.6 Mean monthly January temperatures in the Arctic. After Prik (1959).

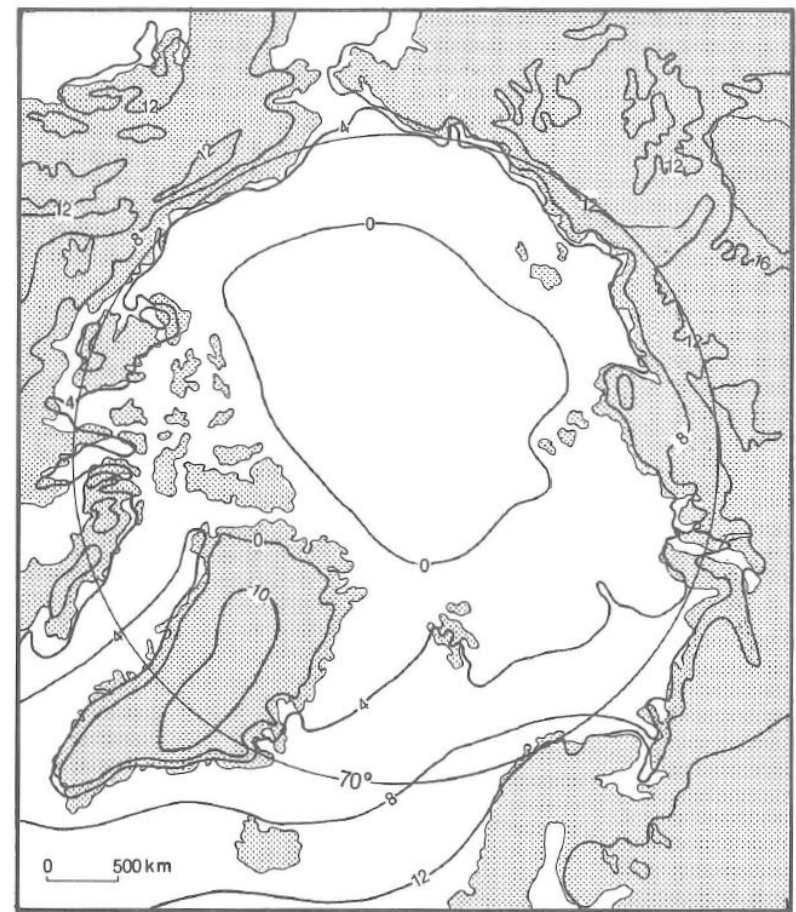


FIGURE 3.7 Mean monthly July temperatures in the Arctic. After Prik (1959).

3. Temperature

- **Arctic** pattern varies with the seasons.

- *Two points of interest:*

1) The lowest temperatures are at the edge of the Arctic, indeed in the sub-Arctic



3. Temperatur

- Das **arktische** Muster variiert mit den Jahreszeiten.

- *Zwei Punkte von Interesse:*

1) Die niedrigsten Temperaturen sind am Rand der Arktis, in der Tat in der Subarktis

3. Temperature

- **Arctic** pattern varies with the seasons.

- *Two points of interest:*

2) The longitudinal contrast (January) between N. Norway and Siberia is 50°C (\approx difference between pole and equator)



3. Temperatur

- Das **arktische** Muster variiert mit den Jahreszeiten.

- *Zwei Punkte von Interesse:*

2) Der Kontrast (Januar) zwischen Nordnorwegen und Sibirien beträgt 50°C (\approx Differenz zwischen Pol und Äquator)

3. Temperature inversion

- In polar climates there is a temperature inversion **above snow or ice** surfaces which results from **strong radiation cooling**.



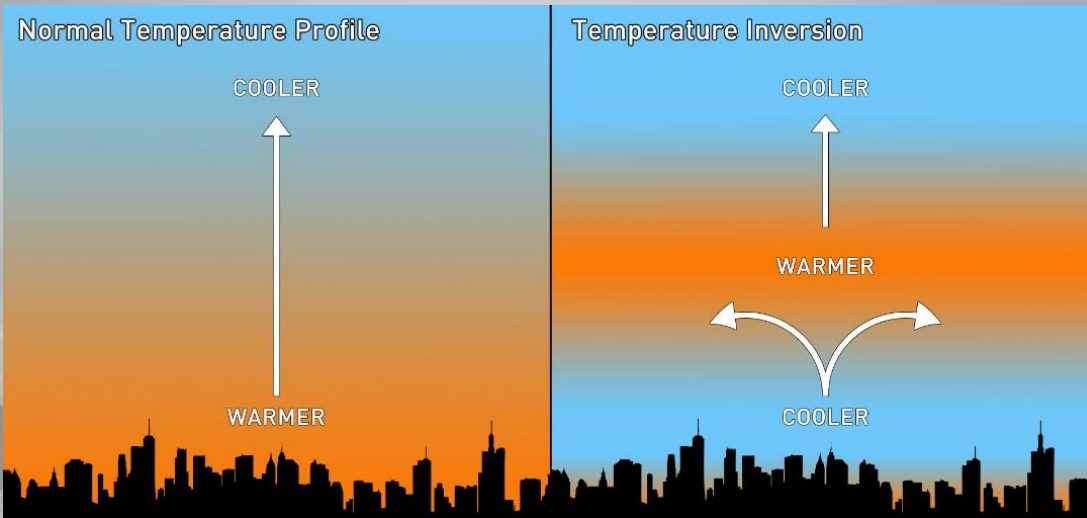
3. Temperaturumkehr

- In polaren Klimazonen kommt es zu einer Temperaturumkehr **über Schnee oder Eis**, die auf eine **starke Strahlungskühlung** zurückzuführen ist.

3. Temperature inversion



3. Temperaturumkehr



www.theweathernetwork.com

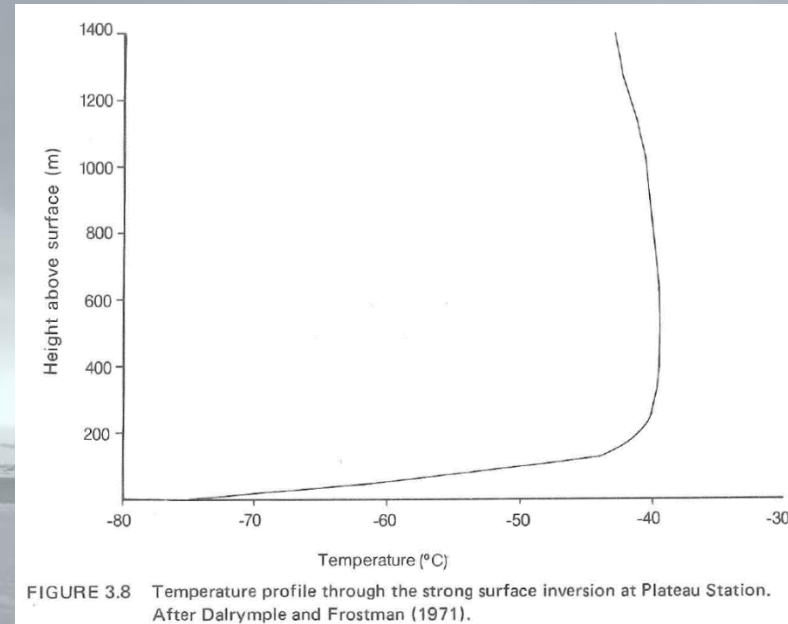


FIGURE 3.8 Temperature profile through the strong surface inversion at Plateau Station. After Dalrymple and Frostman (1971).

3. Temperature

- Says little about overall temperature conditions!



www.pinterest.com



3. Temperatur

- Sagt wenig aus über allgemeine Temperaturbedingungen!



3.i. Freezing index

- The number of degree-days of frost
- Can be used to calculate depth of winter ground freezing and the thickness of lake or sea ice



3.i. Gefrierindex

- Anzahl der Grad-Tage von Frost
- Um die Tiefe des Bodengefrierens im Winter oder die Dicke von See- oder Meereis zu berechnen

3.i. Freezing index



3.i. Gefrierindex

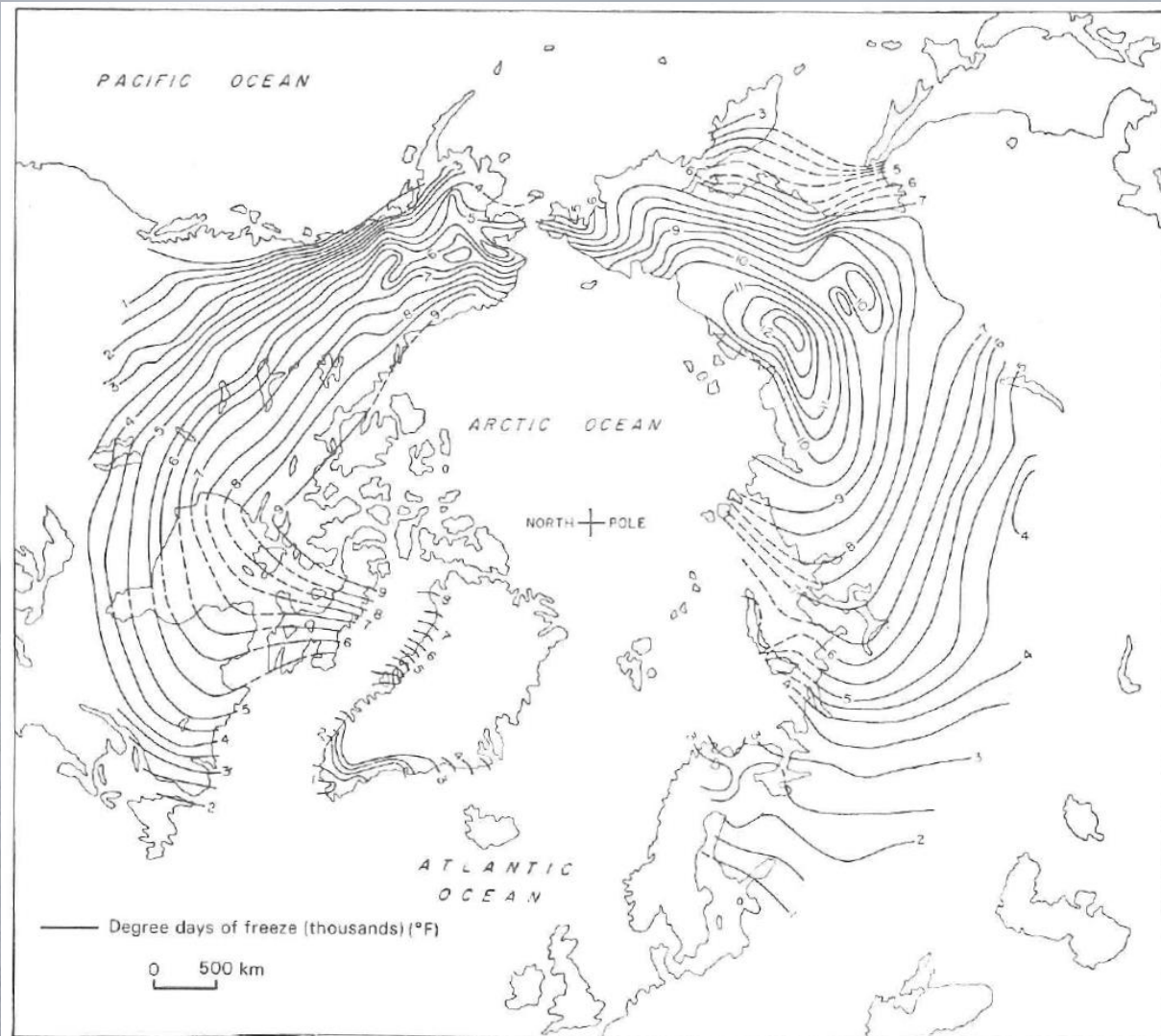
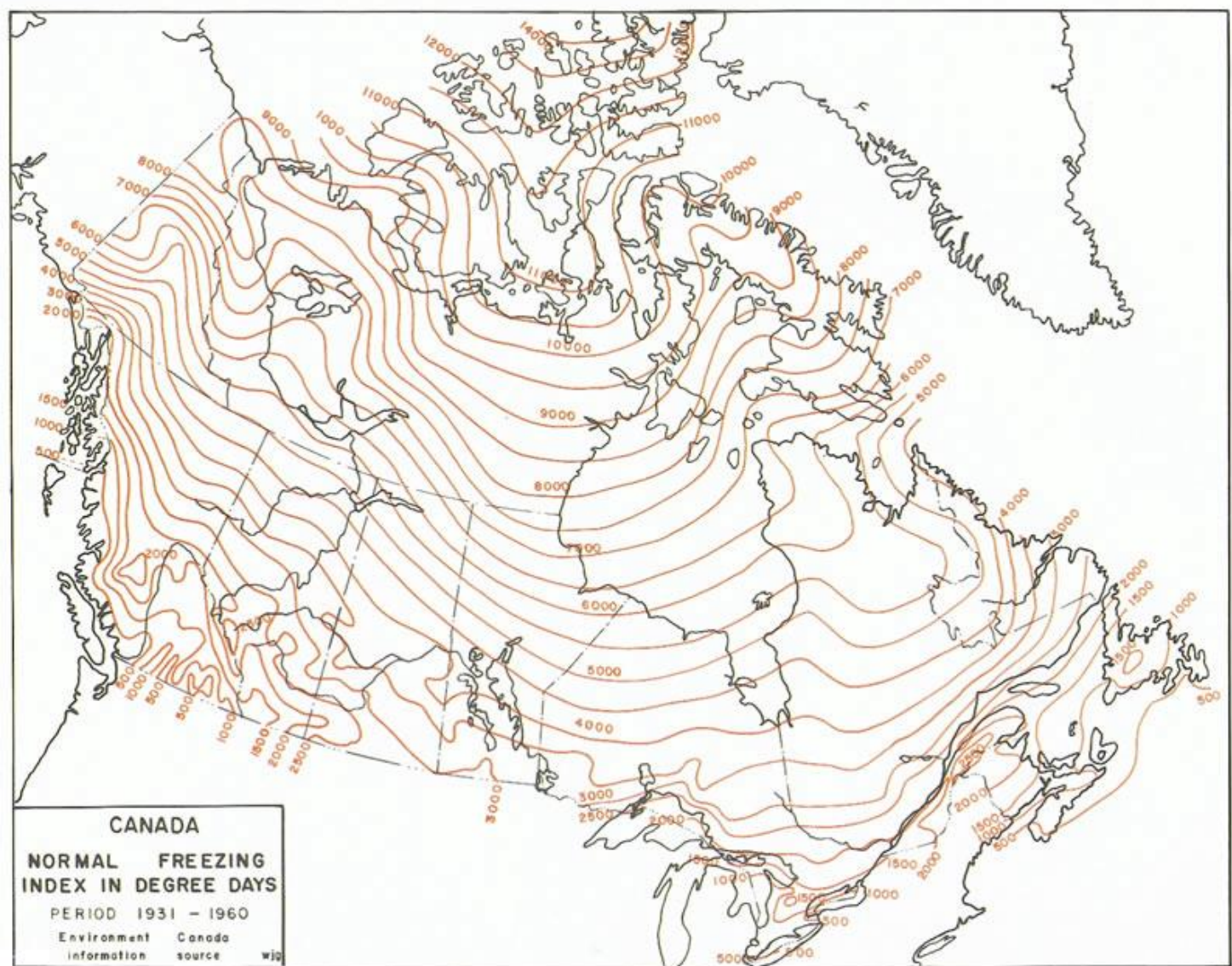


FIGURE 3.9 Freezing indices for the northern hemisphere polar zone. After Johnson and Hartman (1971).

3.i. Freezing index



3.i. Gefrierindex



Boyd, 1973 in: Liu & Babaei, 2017, Soil nailing for highway construction in Ontario

Patterned ground

*A polar ,heartbeat' of freezing
and thawing*



Musterboden

*Ein polarer ,Herzschlag' des Einfrierens
und Auftauen*



3.ii. Thawing index

- The number of degree-days of thaw
- [degree latitude]
- A reflection of summer temperatures



3.ii. Schmelzindex

- Anzahl der Grad-Tage der Schmelze
- [Breitengrad]
- Spiegelt Sommer-temperaturen wieder

3.ii. Thawing index



3.ii. Schmelz-index

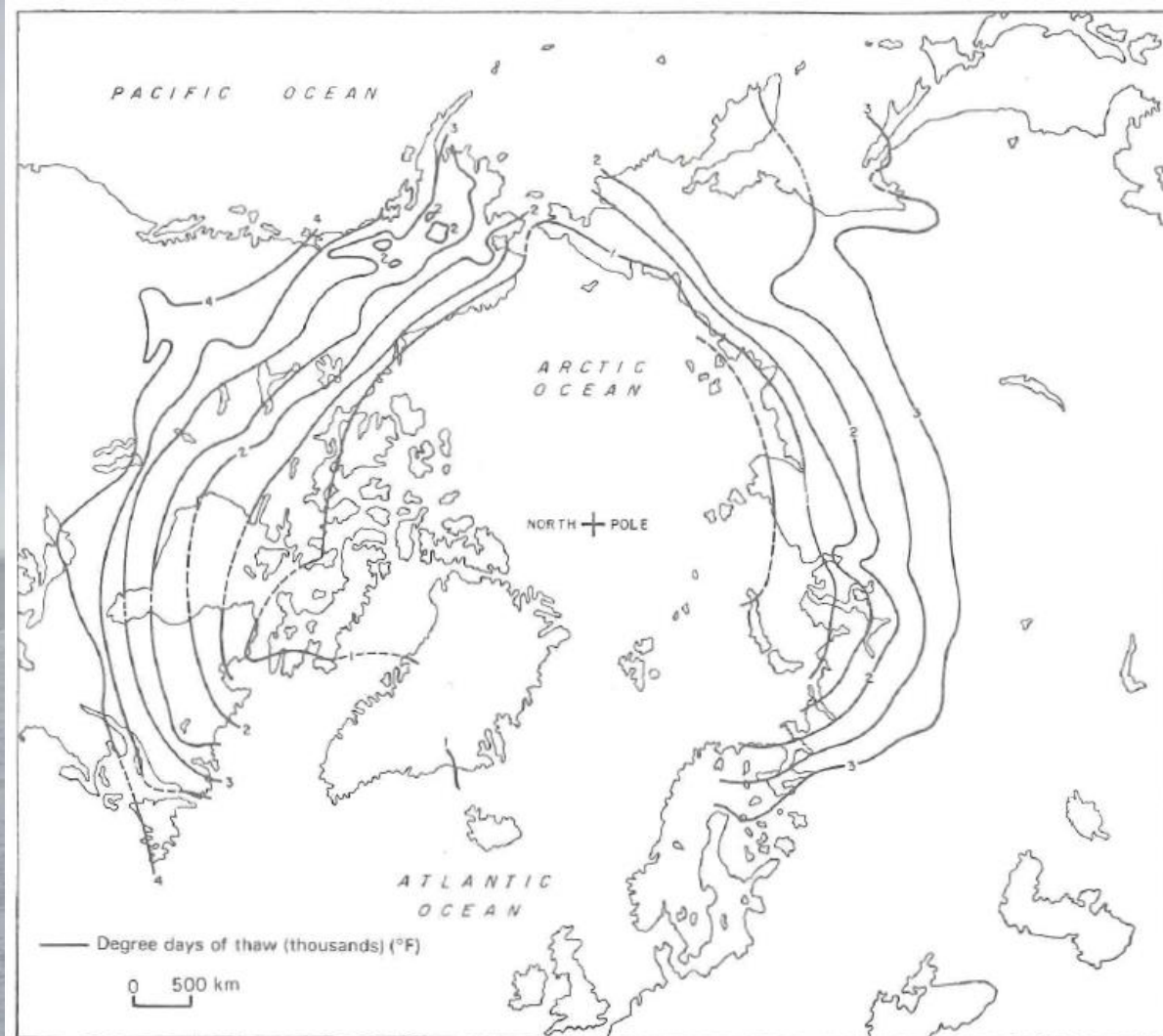


FIGURE 3.10 Thawing indices for the northern hemisphere polar zone. After Johnson and Hartman (1971).

Patterned ground
*Self-organized balance
between erosion and uplift*



Musterboden
*Selbstorganisiertes Gleichgewicht
zwischen Erosion und Hebung*



3. Basic temperature pattern

- Temperatures in **Greenland** and the **Antarctic** decline with altitude.
- This *above all* accounts for the exceedingly low temperatures on the ice sheets.



3. Wesentliches Temperaturmuster

- Die Temperaturen in **Grönland** und der **Antarktis** nehmen mit der Höhe ab.
- *Vor allem* darauf sind die extrem niedrigen Temperaturen auf den Eisschildern zurückzuführen.

3. Basic temperature pattern

- In **winter**, the North Pole (**Arctic**) is relatively warm:
- The **water temperature** is near freezing and heat is conducted through the ice
- The **land** has no heat reservoir; temperatures drop



3. Wesentliches Temperaturmuster

- Im **Winter** ist der Nordpol (**Arktis**) relativ warm:
- Die **Wassertemperatur** ist nahe am Gefrierpunkt und die Wärme wird durch das Eis geleitet
- Das **Land** hat keinen Wärmespeicher; Temperaturen fallen

3. Basic temperature pattern

- In **summer**, the situation is reversed:
- The melting pack ice and **ocean** keep temperatures close to 0°C
- **Land** temperatures are free to rise



3. Wesentliches Temperaturmuster

- Im **Sommer** ist die Situation umgekehrt:
- Das schmelzende Packeis hält **Wasser-**temperaturen nahe bei 0°C
- Temperaturen an **Land** können frei steigen

3. Basic temperature pattern

- Air circulation reinforces this basic contrast between the Arctic and Antarctic.



3. Wesentliches Temperaturmuster



- Die Luftzirkulation verstärkt diesen grundlegenden Kontrast zwischen Arktis und Antarktis.

4. Precipitation

- Precipitation in the **Polar Regions** is **light** and indeed most of the zone is **arid**.



4. Niederschlag

- Niederschlag in den **Polarregionen** ist **leicht** und tatsächlich ist der größte Teil der Zone **trocken**.



4. Precipitation



4. Niederschlag

• Antarctica:

- Precipitation consists of **snow**
- Most falls in **winter** months
- Total (water equivalents) decline from a maximum near the coast (200-600 mm) to < 50 mm in E. Antarctica

• Antarktis:

- Niederschlag besteht aus **Schnee**
- Das meiste fällt in den **Wintermonaten**
- Die Gesamtmenge (Wasseräquivalente) sinkt von einem Maximum in Küstennähe (200-600 mm) auf < 50 mm in der Ostantarktis

Kiel?

4. Precipitation



4. Niederschlag

• Antarctica:

- Precipitation consists of **snow**
- Most falls in **winter** months
- Total (water equivalents) decline from a maximum near the coast (200-600 mm) to < 50 mm in E. Antarctica

• Antarktis:

- Niederschlag besteht aus **Schnee**
- Das meiste fällt in den **Wintermonaten**
- Die Gesamtmenge (Wasseräquivalente) sinkt von einem Maximum in Küstennähe (200-600 mm) auf < 50 mm in der Ostantarktis

Kiel:

Wettest month	August (73.7 mm avg)
Annual precip.	441.5 mm (per year)

4. Precipitation

• Arctic:

- < 130 mm in the Arctic basin; < 260 mm on the coasts
- Winter precipitation is light:
- Snow depths are slight; 350-400 mm on sea ice; 600 mm on continent
- Max. precipitation **in summer as rain**



4. Niederschlag

• Arktis:

- < 130 mm im arktischen Becken; < 260 mm in Küstennähe
- Winterniederschlag ist leicht:
- Schneedecken sind nicht tief: 350-400 mm in Küstennähe: 600 mm im Inland
- Der meiste Niederschlag fällt **im Sommer als Regen**

4. Precipitation

- Reflects the **distribution of land, sea, and high topography**
- **Antarctica:** decline reflects increasing altitude and distance from the sea (**Greenland** similar)
- **Arctic** pattern due to proximity of *maritime* sources of moisture



4. Niederschlag

- Reflektiert die **Verteilung von Land, Meer** und hoher Topographie
- **Antarktis:** Rückgang spiegelt zunehmende Höhe und Entfernung zum Meer wider (**Grönland** ähnlich)
- **Arktisches** Muster aufgrund der Nähe von *maritimen* Feuchtigkeitsquellen

5. Wind

- Important aspect:
 - Can aggravate any chilling effect of low temperature [**wind chill**]



5. Wind

- Wichtiger Aspekt:
 - Kann den Kühleffekt bei niedrigen Temperaturen verschlimmern [**Windchill**]



5. Wind

- Antarctic and Greenland:

- Importance of **temperature inversion**
- Dense cold inversion layers flows downhill under gravity
- *Katabatic winds*
- Regular and persistent



5. Wind

- Antarktis und Grönland:

- Bedeutung der **Temperaturumkehr**
- Dichte kalte Inversionsschichten fließen unter der Schwerkraft bergab
- *Katabatische Winde*
- Regulär und ausdauernd

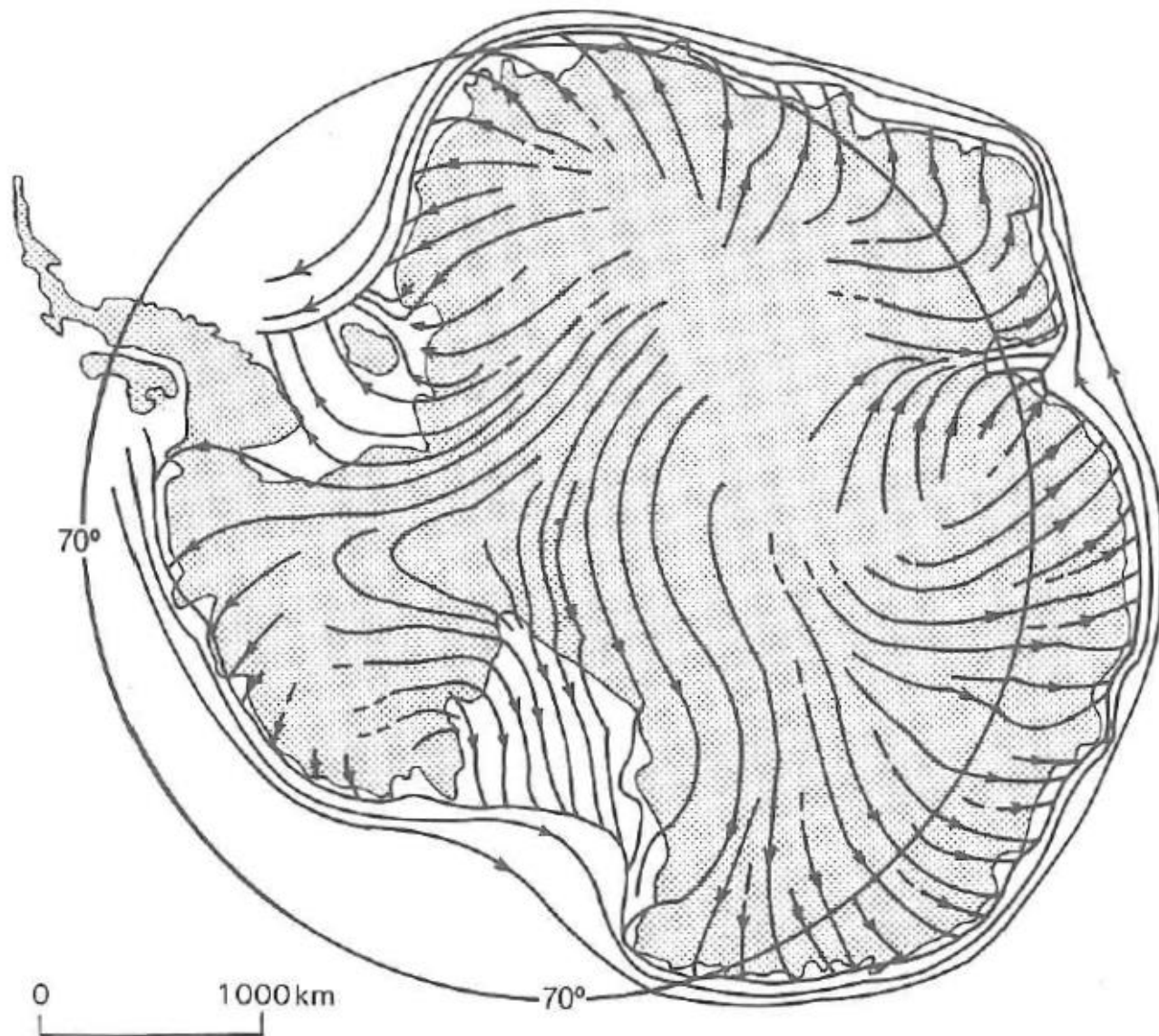


FIGURE 3.11

Mean surface wind patterns in Antarctica reflecting cold air drainage. After Mather and Miller (1967).

5. Wind

- Arctic:
 - Temperature inversion in the Arctic tends to reduce mean wind speeds.
 - The air is effectively **isolated** from faster moving air above.
 - There are some important and dominant wind directions...

5. Wind

- Arktis:
 - Die Temperaturinversion in der Arktis neigt dazu, die mittleren Windgeschwindigkeiten zu verringern.
 - Die Luft wird effektiv von der sich schneller bewegendem Luft oben **isoliert**.
 - Es gibt einige wichtige und dominante Windrichtungen ...





- The **links** between climate and the various geomorphic, oceanographic and biogeographic systems are quite **fundamental**.



- Die **Zusammenhänge** zwischen dem Klima und den verschiedenen geomorphischen, ozeanografischen und biogeografischen Systemen sind von **grundlegender** Bedeutung.

- Climate constraints the **human system**:

- Low temperatures
- Impeded visibility
- Climatic seasonal contrast



- Das Klima schränkt das **menschliche System** ein:

- Niedrige Temperaturen
- Sichtbehinderung
- Klimatischer saisonaler Kontrast

*... coming
back to the
crucial point...*

*... auf den
springenden
Punkt zurück-
kommend...*



- Revelation -

- All the information between the two points (slides 17 & 60) is taken from **a single source!!!**

- David Sugden (**1982**)
Arctic and Antarctic: a modern geographical synthesis,
Oxford: Blackwell

- Enthüllung -

- Alle Informationen zwischen den beiden Punkten (Folien 17 & 60) stammen **aus einer Quelle!!!**

- David Sugden (**1982**)
Arctic and Antarctic: a modern geographical synthesis,
Oxford: Blackwell

Discuss:

- How does this revelation make you feel?
- What does it *imply*?
Is the content of this lecture still *correct*?
Is it *valid*?
- Did you learn anything at all?!

Diskutiere:

- Wie fühlst Du Dich bei dieser Enthüllung?
- Was *impliziert* sie? Ist der Inhalt der Vorlesung noch *richtig*? Ist er *gültig*?
- Hast Du überhaupt etwas gelernt?!

Who's who



C | A | U

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Mathematisch-
Naturwissenschaftliche Fakultät

zenodo

Addendum