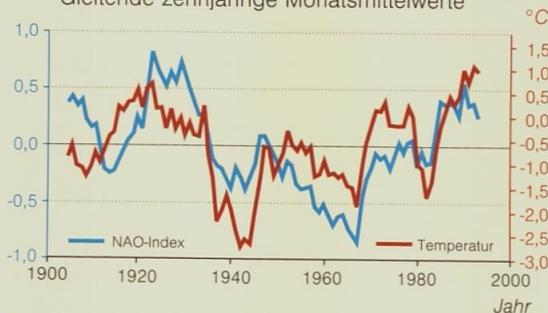


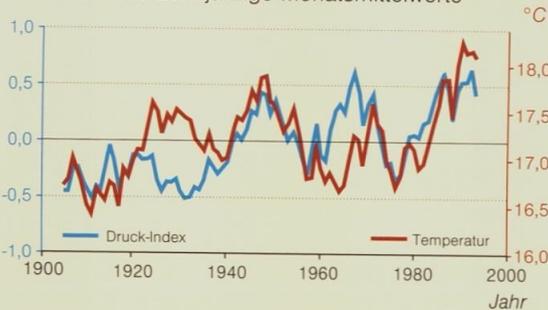
Klimavariabilität

Peter Hupfer und Jucundus Jacobeit

1 Deutschland
NAO-Index und Temperatur im Januar
1901/10-1989/98
Gleitende zehnjährige Monatsmittelwerte



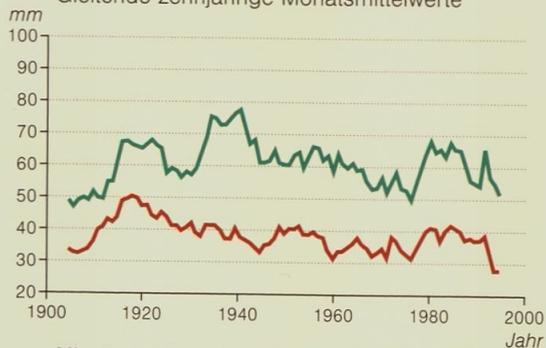
**Druck-Index und Temperatur im Juli
1901/10-1989/98**
Gleitende zehnjährige Monatsmittelwerte



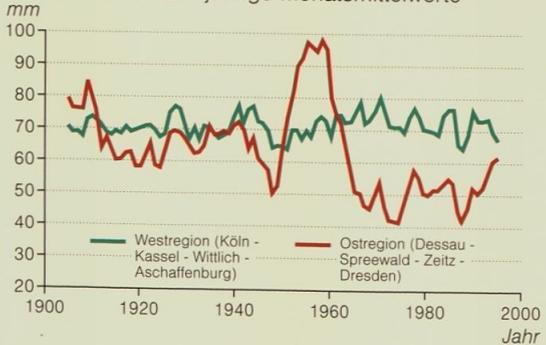
Dargestellt sind die gleitenden zehnjährigen Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (gemittelt über den Gesamtraum Deutschlands) sowie zweier Zirkulationsindizes: für Januar ein standardisierter Index der Nordatlantischen Oszillation (NAO), für Juli ein standardisierter Index, der die Luftdruckschwankungen im südsandinavischen Raum widerspiegelt. Die Werte beziehen sich jeweils auf die Dezennien 1901-1910, 1902-1911 usw. bis 1989-1998.

© Leibniz-Institut für Länderkunde 2003

2 Ausgewählte Regionen
Niederschlag im Januar 1901/10-1989/98
Gleitende zehnjährige Monatsmittelwerte



Niederschlag im Juli 1901/10-1989/98
Gleitende zehnjährige Monatsmittelwerte



Dargestellt sind die gleitenden zehnjährigen Monatsmittelwerte des Januar- und Juli-Niederschlags für zwei Beispielsregionen in Deutschland (Westregion: 50-51°N und 7-9°O, Ostregion: 51-52°N und 12-14°O). Die Werte beziehen sich jeweils auf die Dezennien 1901-1910, 1902-1911 usw. bis 1989-1998.

© Leibniz-Institut für Länderkunde 2003

Klima ist als Synthese des Wetters über einen längeren Zeitraum zu begreifen. Betrachtet man verschiedene derartige Zeiträume, ergeben sich meist etwas unterschiedliche klimatische Verhältnisse. In der zeitlichen Abfolge resultiert daraus eine natürliche Variabilität des Klimas, die längerfristige Trends (▶ Beitrag Rapp/Schönwiese, S. 56) überlagert.

Im vorliegenden Beitrag blicken wir auf das 20. Jahrhundert und vergleichen verschiedene jeweils zehnjährige Zeiträume miteinander. Die mittlere Temperaturverteilung über Deutschland im Januar und Juli ist für die jeweils wärmsten bzw. kältesten 10 Jahre des Zeitraums 1901-1998 dargestellt (5 bis 8). Datengrundlage sind Monatsmittelwerte der Temperatur, die von zahlreichen Messstationen von der Climatic Research Unit in Norwich auf Gitterfelder von 0,5° Kantentlänge umgerechnet worden sind. Im Hochwintermonat Januar zeigt sich zunächst in beiden ▶ Dezennien (5 und 6) mit steigender ▶ Kontinentalität das bekannte Temperaturgefälle in Richtung Osten und Südosten, das kälteste und das wärmste Jahrzehnt unterscheiden sich jedoch in den mittleren Temperaturen um bis zu mehr als 5 °C. Im Hochsommermonat Juli sind die Temperaturunterschiede geringer als im Winter, erreichen aber stellenweise noch Werte von 2-3 °C (7 und 8). Innerhalb des 20. Jhs. hat es also thermisch deutlich kontrastierende Zeitabschnitte gegeben.

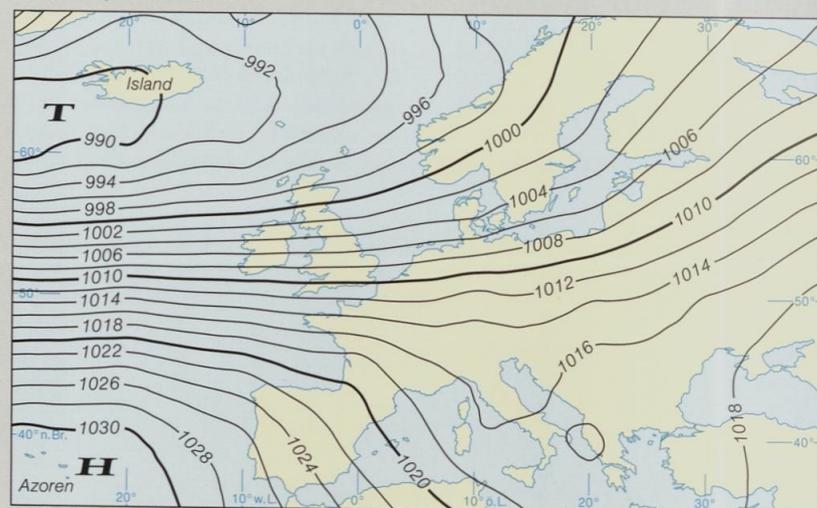
Bildet man zehnjährige Mittelwerte fortlaufend nach Zeitschritten von jeweils einem Jahr (also für 1901-1910, 1902-1911 etc. bis 1989-1998), wird ein kontinuierlich variabler Temperaturverlauf deutlich. Abbildung 1 zeigt dies für die über Deutschland gemittelten Januar- und Julitemperaturen. Man erkennt, dass sich zusätzlich zur beobachtbaren langfristigen Temperaturzunahme, die v.a. im Winter deutlich ausgebildet ist, immer wieder Zeitabschnitte höherer und niedrigerer Temperaturen abgelöst haben. Sucht man nach Erklärungen für diese Variabilität, ist zu beachten, dass sich das Klima einer Region nicht nur aus den örtlichen Bedingungen der geographischen Lage und des Energiehaushaltes bestimmt, sondern auch durch die Eigenschaften von Luftmassen geprägt wird, die durch die atmosphärische Zirkulation großräumig transportiert werden und dabei in die betreffende Region gelangen können. Dieser ▶ Advektionsanteil ist für Deutschland ein äußerst wirksamer Klimafaktor und in erster Linie die Ursache für die beobachtete Klimavariabilität.

Über Mitteleuropa ist die atmosphärische Zirkulation im Mittel von West

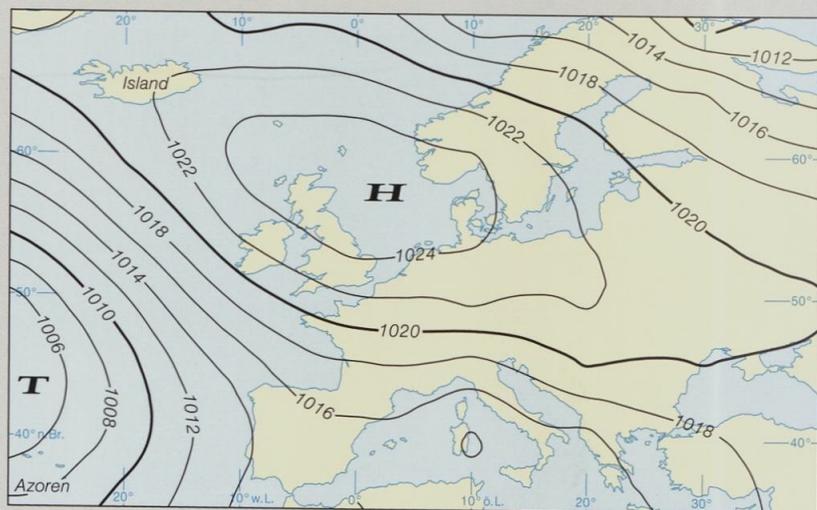
nach Ost gerichtet (▶ S. 14, Abb. 5), gleichzeitig jedoch beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Ein häufig verwendetes Maß zu ihrer Beschreibung ist die Nordatlantische Oszillation (NAO), die sich aus der Luftdruckdifferenz zwischen Azorenhoch und Islandtief ermitteln lässt. Ist diese Differenz groß (positive Phase der NAO wie im Januar 1984 3), entwickelt sich über dem Nordatlantik eine kräftige Westströmung, mit der zumeist milde Meeresluft nach Mitteleuropa geführt wird.

Bei schwachem oder (wie im Januar 1963 4) sogar negativem Druckgefälle zwischen Azoren und Island besteht die Möglichkeit für Strömungslagen, bei denen im Winter Kaltluft aus Norden oder Osten nach Mitteleuropa geführt wird. Abbildung 1 zeigt für Januar die Schwankungen in einem standardisierten NAO-Index für gleitende zehnjährige Mittelwerte. Dabei wird erkennbar, dass die Temperaturschwankungen über Deutschland ähnliche Verlaufsformen zeigen (▶ Korrelationskoeffizient $r = 0,62$),

3 Luftdruckfeld bei positiver Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO)
Beispiel Januar 1984



4 Luftdruckfeld bei negativer Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO)
Beispiel Januar 1963



Mittlerer monatlicher Luftdruck

- 1010 - 10 hPa-Isobare
- 1018 - 2 hPa-Isobare

H Hochdruckgebiet

T Tiefdruckgebiet

© Leibniz-Institut für Länderkunde 2003

Autoren: P. Hupfer, J. Jacobeit

Advektion – horizontale Zufuhr von Luftmassen

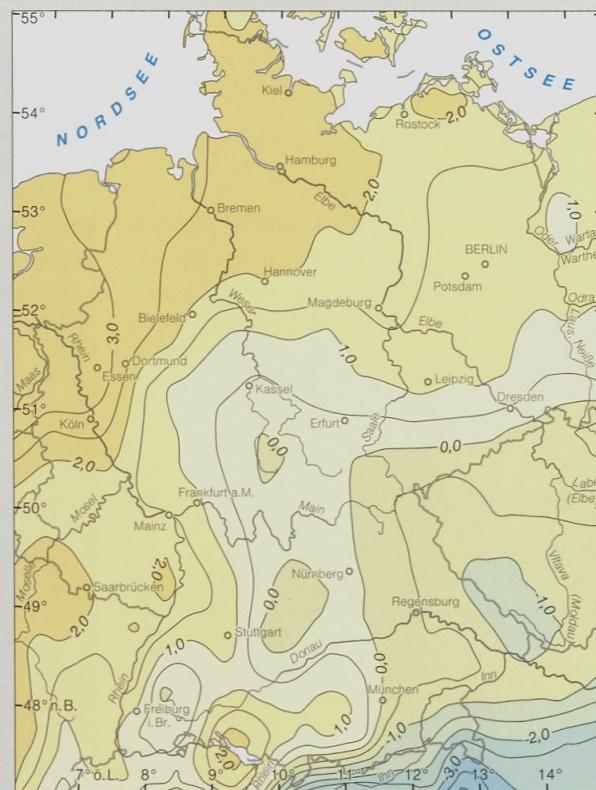
Korrelationskoeffizient – statistisches Maß r für einen linearen Zusammenhang zwischen zwei voneinander unabhängigen Verteilungen. Die Werte von r liegen zwischen -1 und $+1$, wobei -1 einen maximalen negativen Zusammenhang, $+1$ einen maximalen positiven Zusammenhang bedeutet. Alle hier angegebenen Korrelationskoeffizienten sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% von Null verschieden und somit signifikant.

Standardabweichung – Streuungsmaß s einer statistischen Verteilung als algebraische Funktion aller Messwerte der Verteilung in Beziehung zum arithmetischen Mittel

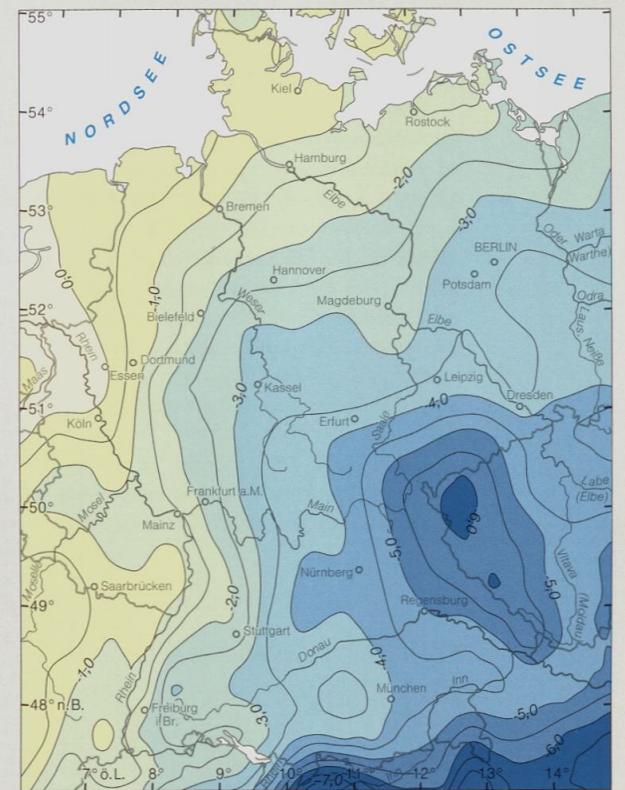
von den Schwankungen der NAO also erheblich beeinflusst werden. Im Sommer ist dieser Einfluss viel geringer. Jetzt bestimmen eher die Luftdruckschwankungen im südkandinavischen Raum (in Abb. 1 durch einen standardisierten Druckindex repräsentiert) den Verlauf der Julitemperaturen in Deutschland ($r = 0,51$): Es ist tendenziell wärmer (kühler) bei höherem (tieferem) Druck über Südkandinavien. Allerdings kann dieser Zusammenhang zwischenzeitlich auch nicht bestanden haben, wie es die Zeit um 1930 zeigt.

Das räumlich und zeitlich veränderlichste Klimaelement ist der Niederschlag. Auch er hängt von der atmosphärischen Zirkulation ab, wird aber durch Kontinentalitätsgrad, Relief einfluss und lokale Faktoren räumlich besonders stark differenziert (▶ Beiträge Klein/Menz, S. 42-47 und Endlicher/Hendl, S. 32). Um die Variabilität des Niederschlags zu verdeutlichen, werden daher gleitende zehnjährige Mittelwerte des Januar- und Juli-Niederschlags für eine West- und eine Ostregion dargestellt (2): das im Rhein-Main-Gebiet gelegene Gitterfeld von $50-51^{\circ}N$ und von $7-9^{\circ}O$ sowie das sich südlich von Berlin erstreckende Gitterfeld von $51-52^{\circ}N$ und von $12-14^{\circ}O$. Im Januar ist bei einem einigermaßen parallelen Verlauf der beiden Kurven (Korrelationskoeffizient $r = 0,51$) ein durchgängig niedrigeres Niederschlagsniveau in der Ostregion zu sehen (Mittelwerte von 61 bzw. 38 mm). Die zeitliche Veränderlichkeit ist in der Westregion höher (▶ Standardabweichung $s_{West} = 7,0$ mm, $s_{Ost} = 4,7$ mm), insbesondere kommen dort die niederschlagsreicheren Phasen um die 1930er und 1980er Jahre prägnanter zum Ausdruck. Die mittleren Werte für Juli liegen mit 71 mm (West) und 64 mm (Ost) deutlich über den Januar-Werten, wie es für kontinentale Lagen charakteristisch ist. Der Unterschied zwischen den Regionen ist meist

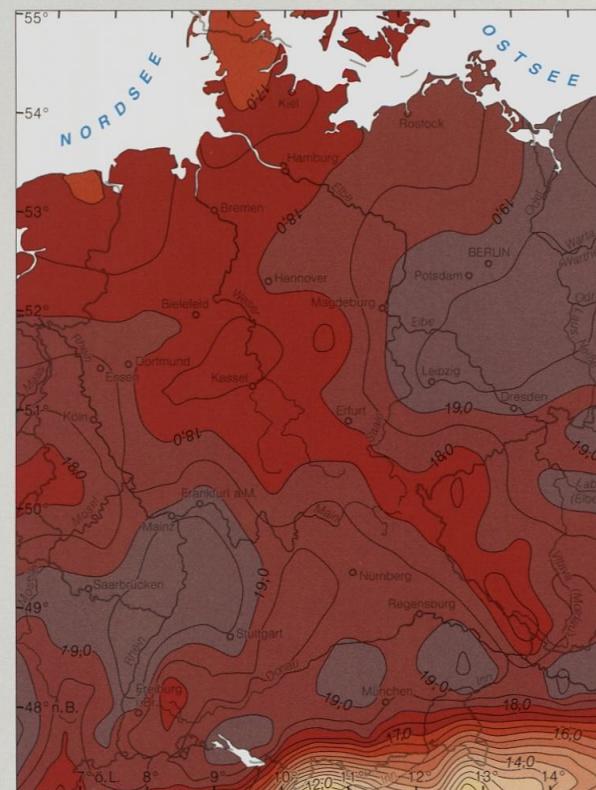
5 Wärmstes Dezennium (1988-1997) des Zeitraums 1901-1998 nach den Januartemperaturen
Zehnjährige Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen



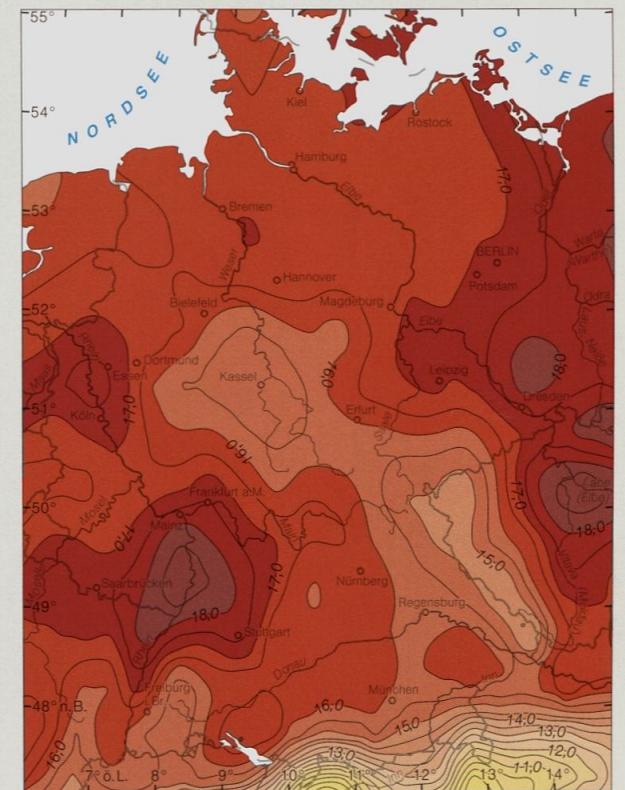
6 Kältestes Dezennium (1938-1947) des Zeitraums 1901-1998 nach den Januartemperaturen
Zehnjährige Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen



7 Wärmstes Dezennium (1986-1995) des Zeitraums 1901-1998 nach den Julitemperaturen
Zehnjährige Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen



8 Kältestes Dezennium (1907-1916) des Zeitraums 1901-1998 nach den Julitemperaturen
Zehnjährige Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen



© Leibniz-Institut für Länderkunde 2003

Autoren: P. Hupfer, J. Jacobeit

0 50 100 150 200 km
Maßstab 1: 8500000

schwächer. Allerdings fällt im Juli die Veränderlichkeit in der Ostregion ($s_{Ost} = 13,6$ mm) wesentlich stärker aus als in der Westregion ($s_{West} = 4,1$ mm). Exzeptionelle Anomalien lassen es in den 1950er Jahren im Osten sogar zu höheren Niederschlägen kommen als im Westen. Dagegen fallen die Niederschlagswerte im Osten in den darauf

folgenden Jahrzehnten deutlich unter das weitgehend gleichbleibende Niveau der Westregion, so dass die beiden Reihen auf Dezennienbasis keine signifikante Korrelation mehr zeigen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei den Niederschlagschwankungen in Deutschland erhebliche regionale Unterschiede auftreten.

Die Lufttemperatur variiert wesentlich gleichförmiger und lässt dabei deutlicher den Einfluss atmosphärischer Zirkulationsschwankungen erkennen.♦