

Natürliche Klimaschwankungen

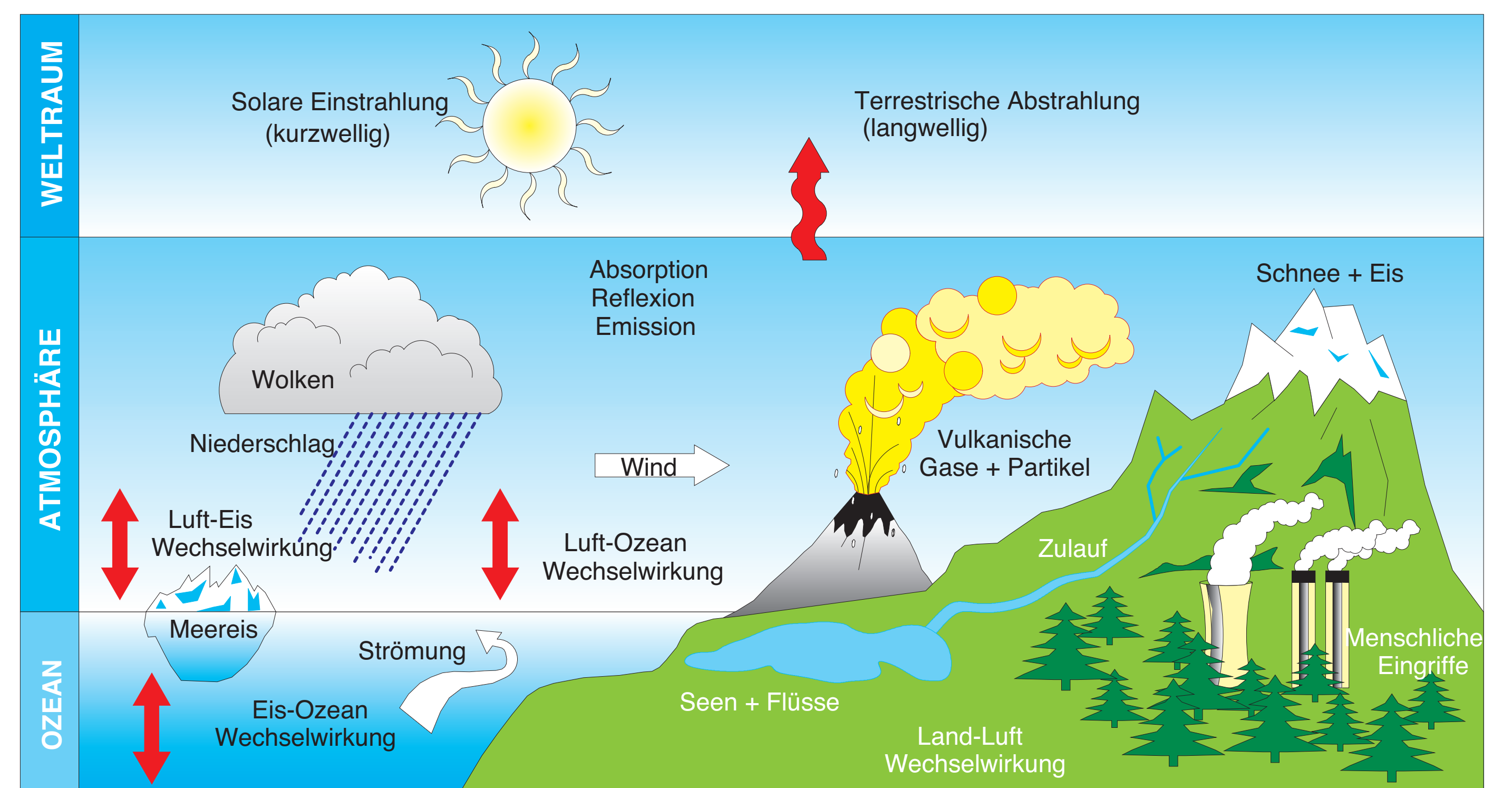
Das Klimasystem der Erde unterliegt einer Vielzahl von natürlichen Einflüssen und zeigt deshalb Schwankungen, die zeitlich wie räumlich und in ihrer Stärke variabel sind.

So führen z.B. die langfristigen Schwankungen der Erdbahn beim Umlauf um die Sonne seit vielen 100.000 Jahren zu einer Abfolge von Eiszeiten und warmen Episoden dazwischen. Weitere dieser durch äussere Einflüsse verursachten Klimaschwankungen sind:

- Änderungen der Sonnenstrahlung
- Hochreichende Vulkanausbrüche
- Einschläge von Planetoiden, Kometenkernen und großen Meteoriten

Hinzu kommen interne Wechselwirkungen im komplexen Klimasystem zwischen Ozean, Eis, Land und Atmosphäre, die Klimaschwankungen auf Zeitskalen von Monaten bis Jahrtausenden anregen können. Beispiele hierfür sind das sogenannte "ENSO" (El Niño - Southern Oscillation) Phänomen oder die Nordatlantische Oszillation.

Das Klimasystem und seine Wechselwirkungen



Beispiel für äussere Einflüsse: Änderungen der Sonnenstrahlung

Wird das Klimageschehen durch Veränderungen in der Sonneneinstrahlung beeinflusst?

Die mögliche Rolle der Schwankungen der Solarstrahlung auf das Klima wird seit langem diskutiert. Die Sonneneinstrahlung unterliegt Schwankungen, die mit der Sonnenfleckenaktivität in Verbindung gebracht werden. Dabei bedeutet eine hohe Sonnenfleckenaktivität eine Zunahme der Sonneneinstrahlung, gleichzeitig verbunden mit einer Verschiebung des Sonnenspektrums in den kurzwelligen (UV)-Bereich.

Es gibt zwei bekannte relevante Periodizitäten: zum einen der sogenannte Schwalbe-Zyklus mit einer Periode von ca. 11 Jahren und einer Amplitude von ca. 0.1 %, zum anderen der sogenannte Gleissberg-Zyklus mit einer Periodizität von ca. 80 Jahren und einer Amplitude von ca. 0.2 -0.3 %. Dies bedeutet, dass am Erdboden Schwankungen von ca. 0.6 W/m² auftreten können (zum Vergleich: der zusätzliche Treibhauseffekt beträgt zur Zeit ca. 2.5 W/m²). In den letzten 100 Jahren stieg die Solarkonstante im Schnitt an und liegt zur Zeit etwa 0.25% höher als vor 100 Jahren.

Wie stark beeinflussen diese solaren Schwankungen das Klima? Um diese Frage zu beantworten, wurden Rechnungen mit demselben Modell durchgeführt, mit dem auch die Klimarechnungen zum zusätzlichen Treibhauseffekt ausgeführt wurden. Sie zeigen, dass sich das Klima in den letzten 100 Jahren durch den Anstieg in der Sonnenintensität erwärmt hat, allerdings nur mit etwa 0.2 K. Dieses entspricht ungefähr einem Drittel des beobachteten Anstieges. Die Sonnenvariabilität kann also nicht alleine für den beobachteten Temperaturanstieg der letzten 100 Jahre verantwortlich sein.

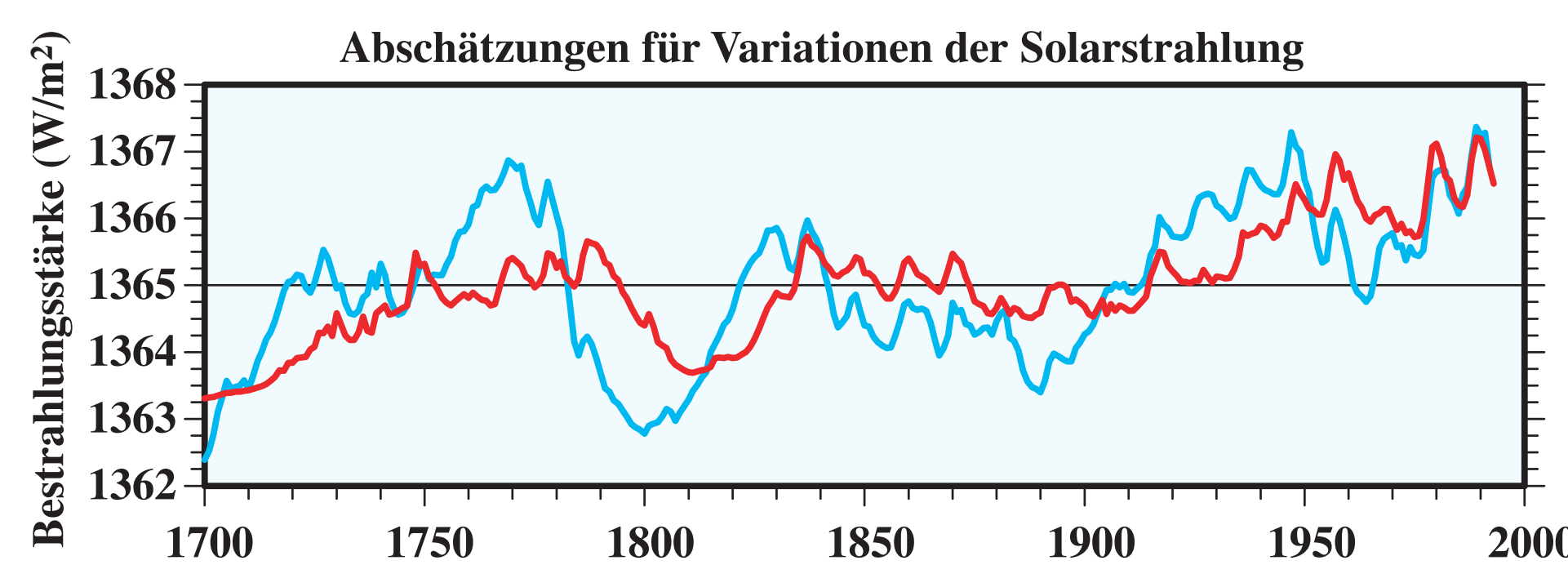
Beispiel für interne Wechselwirkung: Die Nordatlantische Oszillation (NAO)

Die NAO ist eine großräumige Schwankung des Luftdruckunterschiedes an der Meeresoberfläche zwischen dem Islandtief und dem Azorenhoch.

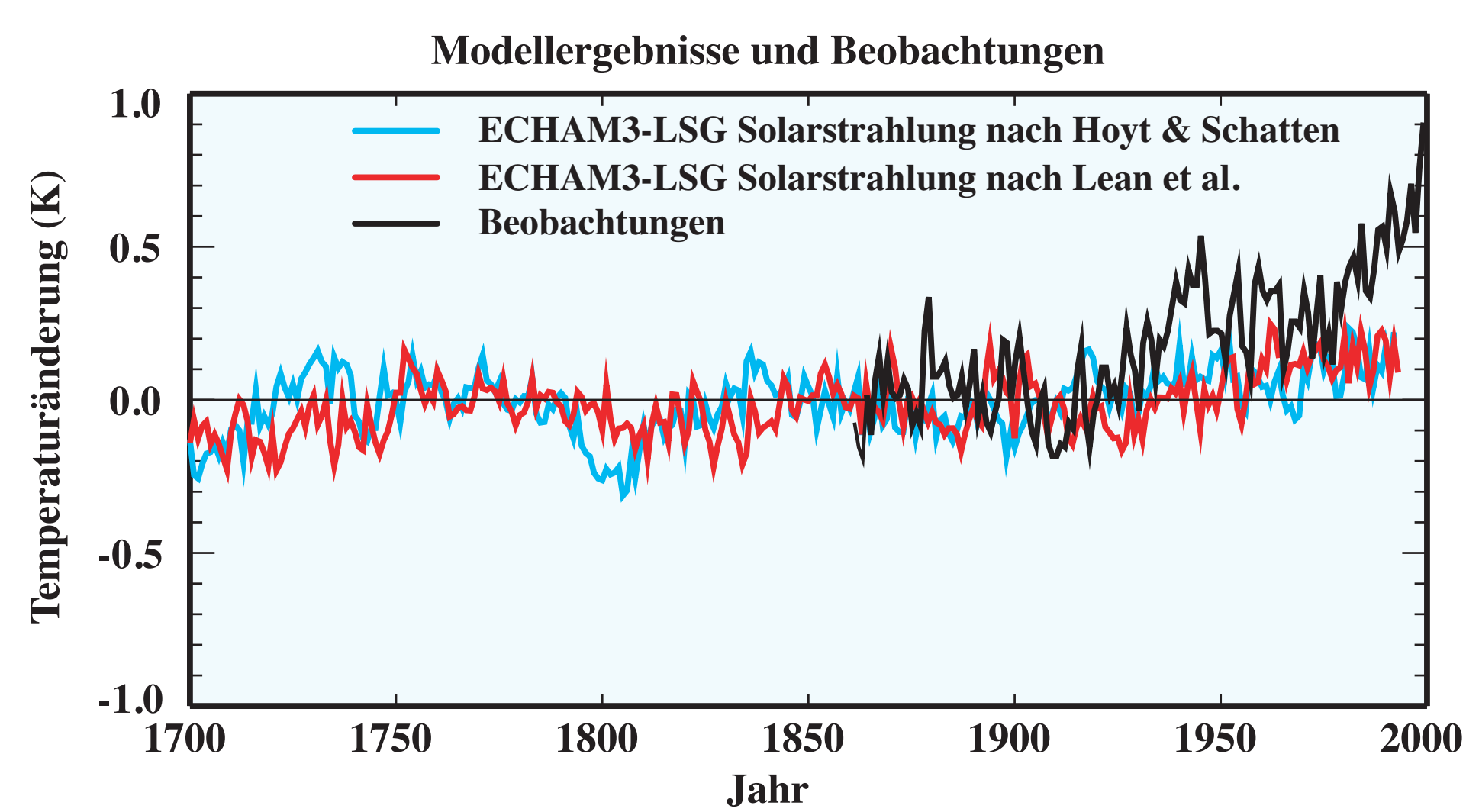
Die NAO stellt die stärkste Schwankung von Jahr zu Jahr oder Jahrzehnt zu Jahrzehnt im Bereich des Nordatlantiks dar. Sie ist in den Wintermonaten besonders ausgeprägt.

Die beiden Extremphasen der NAO und einige ihrer klimatologischen Auswirkungen sind in den beiden nebenstehenden Abbildungen zusammengefasst.

Extern angetriebene Klimaschwankungen: Änderungen der Sonnenstrahlung



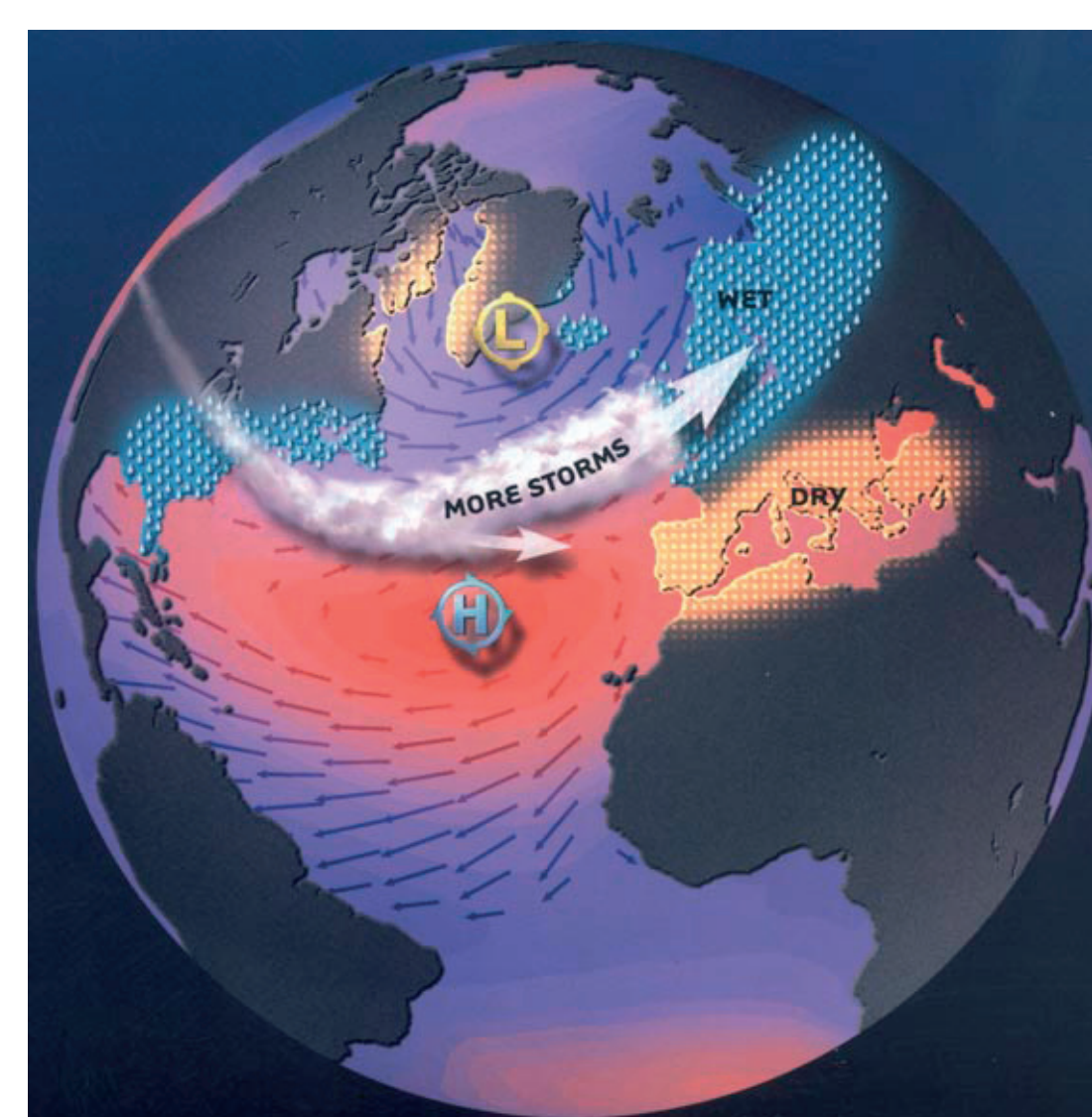
Zwei Rekonstruktionen der solaren Einstrahlung für die letzten 300 Jahre. Die beobachteten Schwankungen zeigen im groben ähnlichen Strukturen und eine vergleichbare Variabilität. Diese Daten wurden dazu benutzt ein gekoppeltes Klimamodell (ECHAM3/LSG) anzutreiben, um den Einfluss der Schwankungen in der solaren Einstrahlung zu studieren.



Beobachtete (schwarz) und simulierte Temperaturanomalien (blau und rot) des oben beschriebenen Experimentes. Beide Modellexperimente zeigen ein ähnliches Verhalten, stimmen aber mit den Beobachtungsdaten der letzten 150 Jahre nicht sehr gut überein. Insbesondere kann der beobachtete Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert nicht auf Variationen in der solaren Einstrahlung zurückgeführt werden (nach Cubasch et al., 1999).

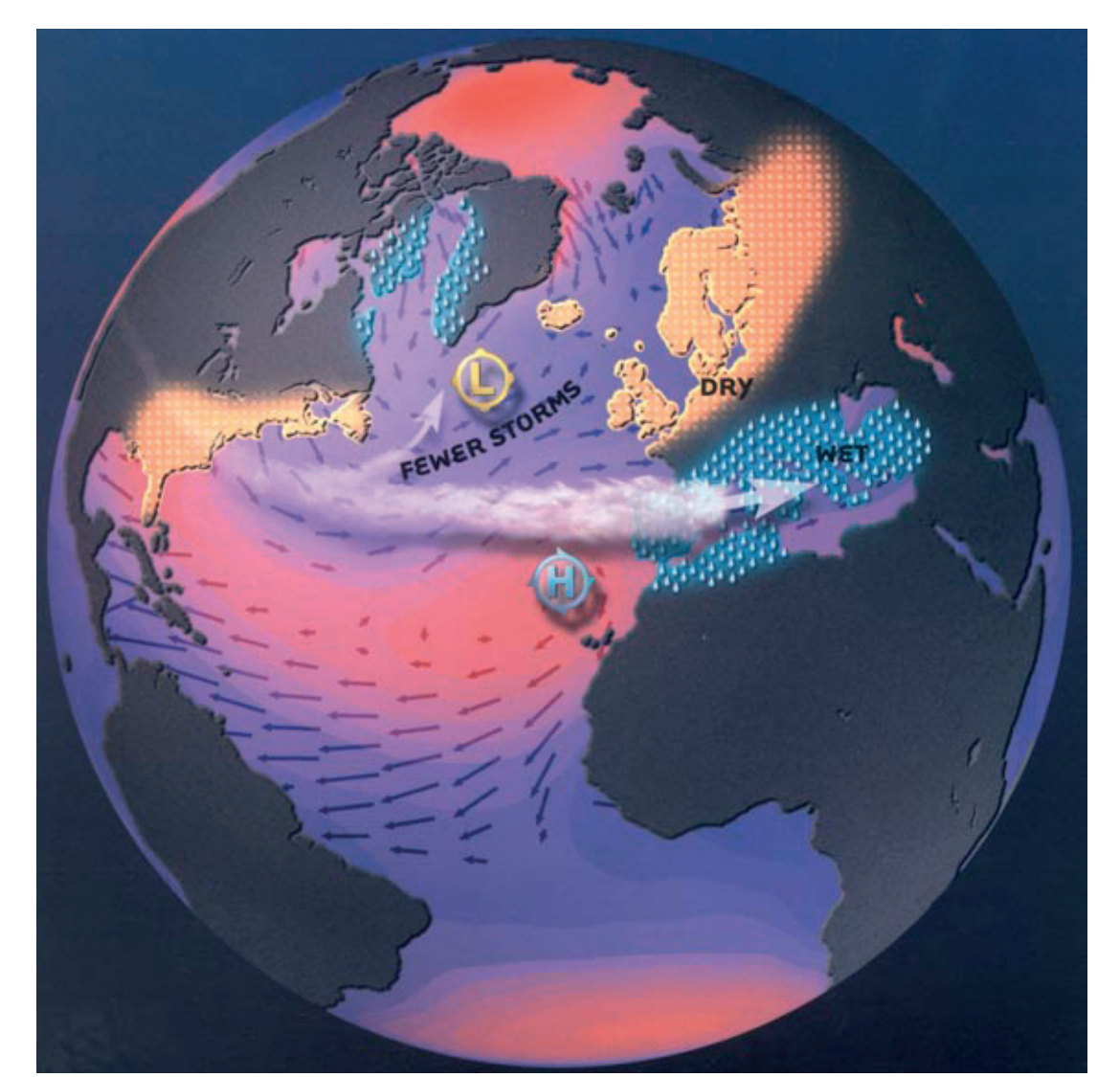
Interne Klimaschwankungen: Die Nordatlantische Oszillation

Positive Phase

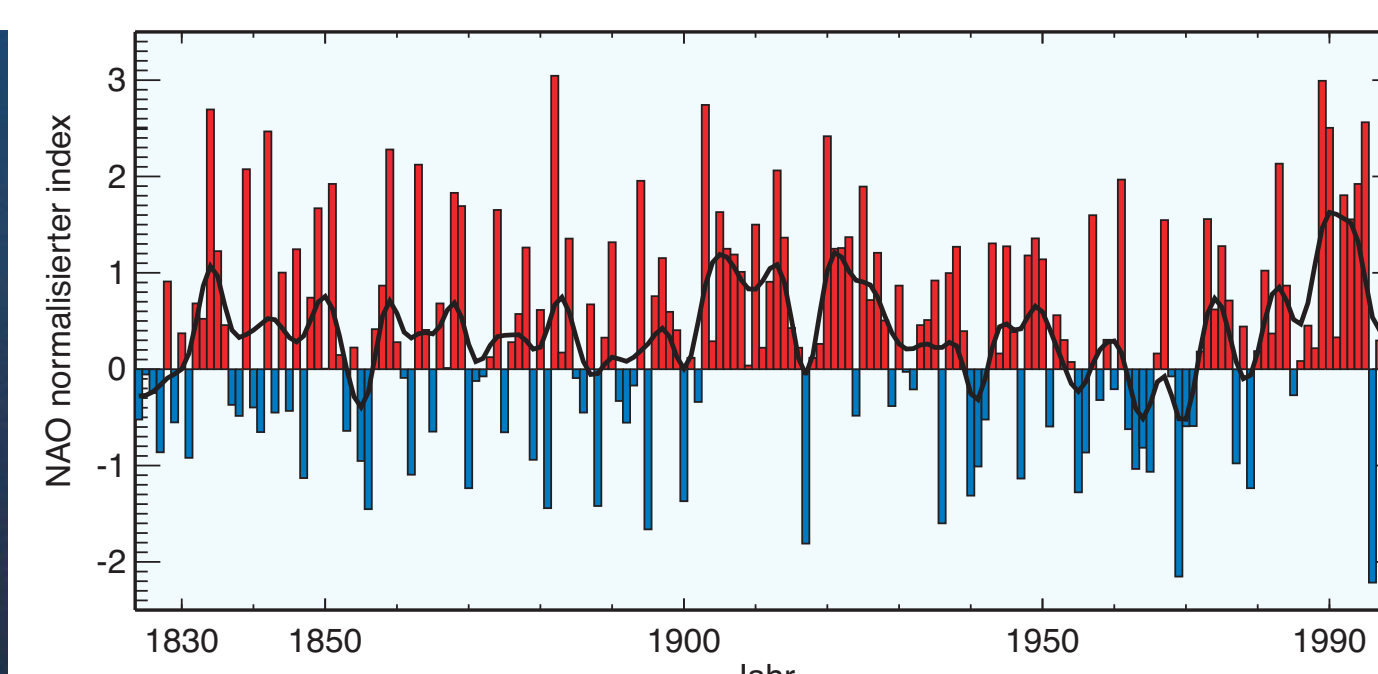


Die positive oder 'high index' Phase der NAO: Die Westwindzirkulation über dem Nordatlantik ist verstärkt, was mildere und feuchtere Winter über Nordeuropa zur Folge hat, während es im westlichen Mittelmeer sehr trocken ist.

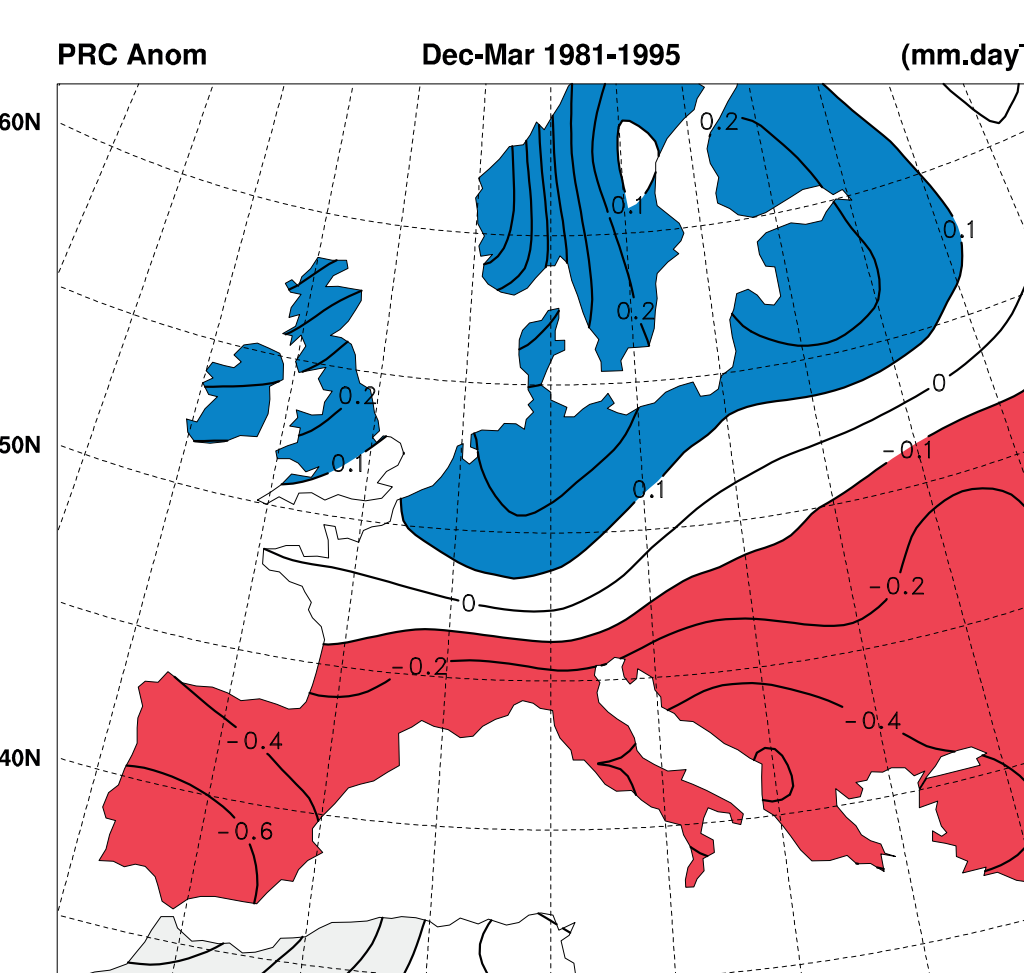
Negative Phase



Die negative oder 'low index' Phase der NAO: Die Westwindzirkulation über dem Nordatlantik ist abgeschwächt, was kältere und trockenere Winter über Nord- und Mitteleuropa zur Folge hat, während es im westlichen Mittelmeer zu stärkeren Niederschlägen kommt.



Zeitreihe des winterlichen (Dezember bis März) NAO Index, basierend auf der normierten Luftdruckdifferenz zwischen Gibraltar und Island von 1822/3 bis 1998/9 (Jones, 1997, Intl. J. of Climatology, 17, 1433-1450). Die dicke Linie zeigt den tiefpassfilterten Druckgradienten (nach Osborn, 2000, Climate Dynamics, im Druck).



Beobachtete Verteilung der mittleren Niederschlagsanomalien im Winter von 1981-94 als Abweichung vom 1951-80 Mittel (nach Eischeid et al. (1991) und J. Hurrell).

