

IBoaT-Report 2.1

**Daten zum Boots-Tourismus in Friesland / NL**  
**Teil 1: Geohistorische Entwicklung**

Wolf-Dieter Mell

März 2005

## Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell

### Institut für Boots-Tourismus (IBoaT)

Jenastr. 14  
D-53125 Bonn  
Tel.: (+49) 228 -25 62 92  
Fax: (+49) 228 -25 87 80  
email: mell@iboat.de  
Internet: <http://www.iboat.de>

## IBoaT-Report

### Arbeitsbericht des Institutes für Boots-Tourismus

- ISSN: 1860-7888 IBoaT-Report (Print)  
1860-7896 IBoaT-Report (Internet)
- Herausgeber: Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell  
Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), Bonn
- Druck: Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell  
Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), Bonn  
Printed in Germany
- Vertrieb: Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell  
Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), Bonn
- IBoaT-Report (Print): Booklet geheftet,  
Preis pro Heft: 10,00 € (inkl. MwSt. und Versand),  
Bestellung: <http://www.iboat.de/iboat-report/index.htm>
- IBoaT-Report (Internet): Nicht-druckbare PDF-Datei,  
kostenloser Download: <http://www.iboat.de/iboat-report/index.htm>

Das Institut für Boots-Tourismus (IBoaT) ist eine private, unabhängige wissenschaftliche Forschungs- und Beratungseinrichtung.

# Inhalt

1	Vorbemerkung	4
2	Geographie der Region	5
3	Zentrale geohistorische Parameter	11
3.1	Tektonische Veränderungen	11
3.2	Bodensenkung durch Gasgewinnung	12
3.3	Langfristige Temperaturveränderungen	12
3.4	Anstieg des mittleren und des relativen Meeresspiegels	14
3.5	Sturmfluten	16
3.6	Kultivierung der Moorgebiete	18
3.7	Deichbau, Siele, Entwässerung	19
3.8	Prognosen und Trends	21
4	Geohistorische Entwicklung	24
5	Meteorologische Daten	37
5.1	Jahresgänge von Temperatur, Niederschlag und Wind	37
5.2	Meteorologische Trends im 20. Jahrhundert	41
6	Quellen	43
7	Abbildungsverzeichnis	46
8	Haftungsausschluss und Kontakt	48

# 1 Vorbemerkung

Das Institut für Boots-Tourismus (IBoaT) ist eine unabhängige wissenschaftliche Forschungs- und Beratungseinrichtung. Aufgabe des Institutes ist die Erhebung und Analyse von Daten, Strukturen und Prozessen für den Bereich des Boots-Tourismus, die Untersuchung von Zusammenhängen und die Bereitstellung handlungsrelevanter Ergebnisse für die Akteure in diesem Segment.

In einer Reihe grundlegender Studien evaluiert IBoaT u.a. sozialwissenschaftliche, ökonomische und technische Basisdaten und Strukturparameter für den Boots-Tourismus in typischen, abgegrenzten geographischen Bereichen - hier: der Provinz Friesland in den Niederlanden.

Diese Region verfügt aus geographischen und historischen Gründen über ein besonders dichtes Wasserwegenetz, ausgebaute Anbindungen an die öffentlichen Binnen- und Seewasserstrassen sowie eine hochwertige Infrastruktur für den Boots-Tourismus.

In dem vorliegenden ersten Teil der Reihe werden Daten zur Geographie und zur geohistorischen Entwicklung der Region zusammengestellt, In einem anschließenden zweiten Teil wird die Siedlungsgeschichte Frieslands und der Friesen beschrieben, entsprechend der These, dass Stellenwert und Entwicklungsmöglichkeiten des Boots-Tourismus im heutigen Friesland in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Geographie und der Geschichte dieser Region gesehen werden sollten.

In folgenden IBoaT-Studien werden für die gleiche Region

- der aktuelle Stand des Boots-Tourismus (Wasserwege, Häfen und Liegeplätze, Anzahl und Art der Boote, Charter etc.),
- der Boots-Tourismus als regionaler Wirtschaftsfaktor,
- Zusammenfassungen und Folgerungen (Eigenschaften des Reviers, "ideale" Gäste, Bootstypen, Hafenanlagen und Infrastrukturangebote)

evaluiert und dokumentiert.

Die Recherche zu dieser Studie erfolgte zum großen Teil über das Internet. Es war erneut beeindruckend, in welchem Umfang und in welcher Qualität geographische und historische Informationen über dieses Medium online verfügbar sind. Zur Klärung spezieller Fragen wurde - wie üblich - Fachliteratur herangezogen. Die wichtigsten Quellen zur Geographie und Geschichte (Teil 1 und Teil 2 der Reihe) sind im Anhang zusammengestellt.

## 2 Geographie der Region

Die Provinz Friesland liegt im Nordosten der Niederlande und hat eine Ausdehnung

Ost-West:	ca. 75 km
Nord-Süd (Festland):	ca. 85 km
Nord-Süd (inkl. Watt):	ca. 100 km

sie wird begrenzt:

im Norden durch die Nordsee-Inseln

Vlieland

Terschelling

Ameland,

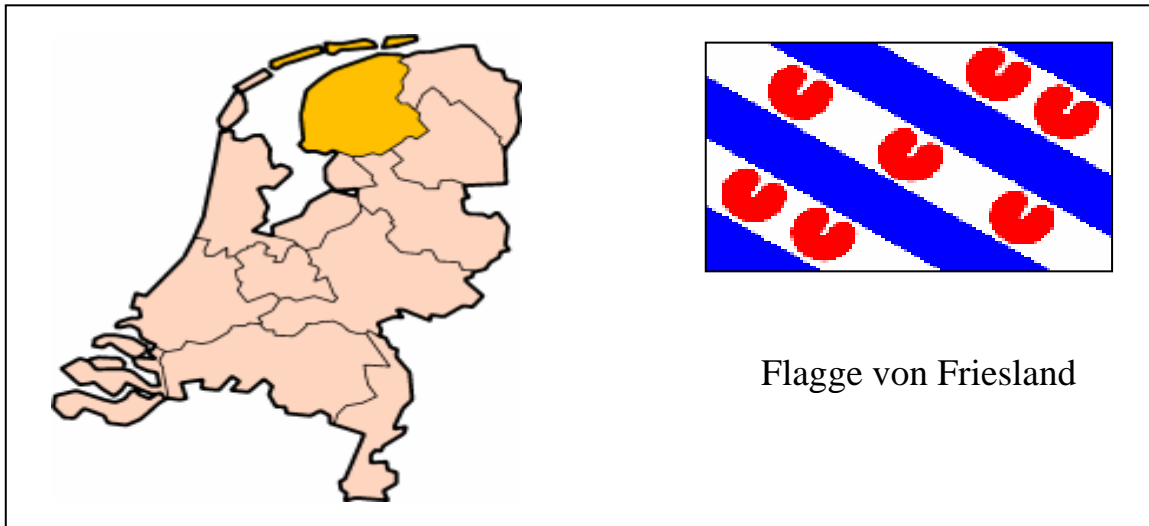
Schiermonnikoog,

im Westen durch Nordsee und Ijsselmeer,

im Süden durch das Ijsselmeer und die Provinzen Flevoland und

Overijssel,

im Osten durch die Provinzen Groningen und Drenthe



**Bild 2-1: Die niederländische Provinz Friesland**

(Quelle: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Frysl%2n/Friesland>)

Das folgende Bild zeigt die niederländische Provinz Friesland mit dem vorgelegerten Watt, den vier Inseln Vlieland, Terschelling, Ameland und Schiermonnikoog, dem nördlichen Teil des Ijsselmeer sowie mit ihrem Wasserwegenetz als Ausschnitt aus der Übersichtskarte "Nauticring Vaarkaart Nederland" (ISBN 90-6410-306-2)



**Bild 2-2: Wasserwegenetz in Friesland / NL**

(Quelle: Nauticring Vaarkaart Nederland ISBN 90-6410-306-2)

Zur Betrachtung von Details auf dieser Karte, wird die Online-Version dieser Studie empfohlen.

Straßen und Schienen in Friesland sind an den Kreuzungen mit Wasserwegen überwiegend mit beweglichen, bedienten Brücken ausgestattet, so dass ein großer Teil des Wasserwegenetzes in Friesland auch von Segelbooten mit stehendem Mast befahren werden kann.

## Flächen:

Gesamtfläche der Provinz Friesland:	rund 5.700 km <sup>2</sup>
davon:	
Wasserfläche:	rund 2.400 km <sup>2</sup>
hiervon:	
Nordsee, Watt:	rund 1.750 km <sup>2</sup>
Binnen-Wasser, Ijsselmeer:	rund 650 km <sup>2</sup>

Das friesische Festland wird zu rund 14 % von Wasser und Feuchtgebieten überdeckt:

Als Folge der Trockenlegung des Hochmoor-Untergrundes im Verlauf der Besiedlung und der damit einhergehenden Absenkungen liegt die Landoberfläche von Friesland in weiten Bereichen 1-2 m unter dem Meeresspiegel.

Festland-Oberfläche von Friesland: 3.290 km<sup>2</sup> = 329.000 ha,

(Die folgenden %-Zahlen beziehen sich auf diese Festland-Oberfläche.)

davon:

Wasserfläche:	189 km <sup>2</sup> = 18.900 ha (5,7 %),
Moor und Feuchtgebiete:	267 km <sup>2</sup> = 26.700 ha (8,1 %)

davon:

Oberflächenwasser auf der Ebene des friesischen Entwässerungssystems:	151 km <sup>2</sup> = 15.100 ha (4,6 %),
---	--

    hiervon:

Seen und größere Kanäle:	136 km <sup>2</sup> = 13.600 ha (4,1 %),
Uferlänge:	2.100 km
kleinere Wasserflächen:	15 km <sup>2</sup> = 1.500 ha,
Uferlänge:	3.710 km

davon:

Polder mit einem Oberflächenniveau unter NAP - 0,50 m:	2.270 km <sup>2</sup> = 227.000 ha (69 %),
--	--

hiervon werden entwässert:

in das friesische

Entwässerungssystem:  $1.950 \text{ km}^2 = 195.000 \text{ ha}$  (59 %)

direkt in die Nordsee:  $320 \text{ km}^2 = 32.000 \text{ ha}$  (10 %)

Anzahl der Polderpumpen: rund 800

Der Wasserstand des Entwässerungssystems für das Oberflächenwassers wird in Friesland einheitlich auf rund 57 bis maximal 27 cm unter dem gegenwärtigen mittleren Meeresspiegel gehalten:

NAP (Normaal Amsterdams Peil) = Mittlerer Meerespegel - 0,05 m  
(2004 bei Harlingen)

Friesischer Soll-Pegel (streefpeil) = NAP - 0,52 m

Maximalpegel (z.B. nach starken Niederschlägen) = streefpeil + 0,30 m  
= NAP - 0,22 m

FZP (Fries Zomerpeil) = NAP - 0,66 m

Durch Winddruck kann der Wasserstand in den Küstenbereichen zusätzlich um bis zu 20 cm ansteigen (Leeseite) oder abfallen (Luvseite).

Das Ijsselmeer hat eine Standard-Wasserhöhe von 25-45 cm unter dem Meeresspiegel:

IJZP (Ijsselmeer Zomerpeil) = NAP - 0,20 m

IJWP (Ijsselmeer Winterpeil) = NAP - 0,40 m

Durch Winddruck kann der Wasserstand in den Küstenbereichen zusätzlich um bis zu 80 cm ansteigen (Leeseite) oder abfallen (Luvseite).

Das Lauwersmeer hat einen Standard-Wasserstand entsprechend dem Hunsingo-Pegel der Provinz Groningen von 98 cm unter dem mittleren Meeresspiegel. Da das Lauwersmeer als Rückhaltebecken für die Entwässerungssysteme in Friesland und Groningen genutzt wird, ist der Wasserstand variabel:

Hunsingopeil Prov. Groningen = NAP - 0,93 m

tatsächlicher Wasserstand = NAP - 0,60 bis - 1,00 m

Schleusen

von und nach Friesland: Dokkumer Nieuwezijlen

von und zur Nordsee: Lauwersoog



## Siele

Wasser aus Friesland:	Dokkumer Nieuwezijlen
Wasser aus Friesland:	Zoutkamp
Wasser in die Nordsee:	Lauwersoog

Der mittlere Tidenhub der Nordsee bei Harlingen beträgt 1,80 m:

Mittleres Hochwasser:	= NAP + 0,85 m
Spring-Hochwasser:	= NAP + 1,00 m
Nipp-Hochwasser:	= NAP + 0,70 m
mittleres Niedrigwasser:	= NAP - 0,95 m
Spring-Niedrigwasser:	= NAP - 1,00 m
Nipp-Niedrigwasser:	= NAP - 0,90 m

Die Abführung des überschüssigen Wassers aus dem friesischen Entwässerungssystem erfolgt über drei zentrale Siel-Systeme in die Nordsee bzw. in das Lauwersmeer sowie über zwei Pumpwerke in das Ijsselmeer:

Sielschleuse Dokkumer Nieuwe Zijlen:	49 m <sup>3</sup> /sec. => Lauwersmeer
Sielschleuse Zoutkamp:	10 m <sup>3</sup> /sec. => Lauwersmeer
Schleuse Harlingen:	13 m <sup>3</sup> /sec. => Nordsee

ab NAP - 0,46 m:

Pumpwerk Hooglandgemaal Stavoren:	93 m <sup>3</sup> /sec. => Isselmeer
-----------------------------------	--------------------------------------

ab NAP - 0,41 m:

Pumpwerk Woudagemaal Lemmer:	70 m <sup>3</sup> /sec. => Isselmeer
------------------------------	--------------------------------------

ab NAP - 0,22 m:

zum Schutz der Ufer und Deiche des Entwässerungssystems wird das Abpumpen der Polder eingestellt.

Das friesische Wasserwegenetz ist über folgende Schleusen an die umgebenen Wasserstraßen angeschlossen:

- Lemmer, Lemstersluis => Ijsselmeer
- Lemmer, Prinsess Margrietsluis => Ijsselmeer
- Stavoren, Johan Frisosluis => Ijsselmeer
- Workum, Schutsluis => Ijsselmeer
- Makkum, Schutsluis => Ijsselmeer
- Kornwerderzand, Lorentzsluisen, Ijsselmeer => Nordsee
- Harlingen, u.a. Hiddessluisen => Nordsee
- Dokkumer Nieuwezijlen, Willem Loréslûs => Lauwersmeer

- Lauwersoog, Robbengatsluis Lauwersmeer => Nordsee
- Gaarkeuken, Schutsluis => Groningen
- Gorredijk => Drenthe
- Ossenzijl, Driewegsluis => Overijssel
- Lemmer, Friese Sluis Ijsselmeer => Flevoland (Noordoostpolder)

#### Besiedlung:

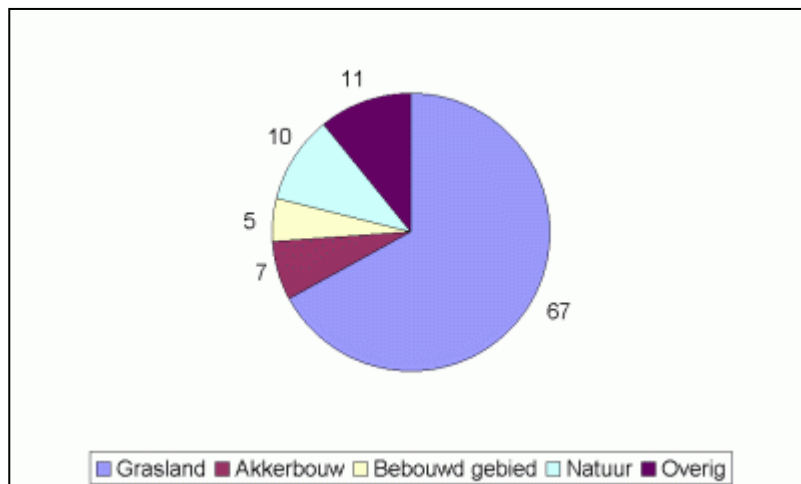
Anzahl Gemeinden:	31
Anzahl Orte, Dörfer, Weiler:	663
Anzahl Einwohner:	rund 630.000

Die folgenden Bilder geben einen Überblick über die Flächennutzung:

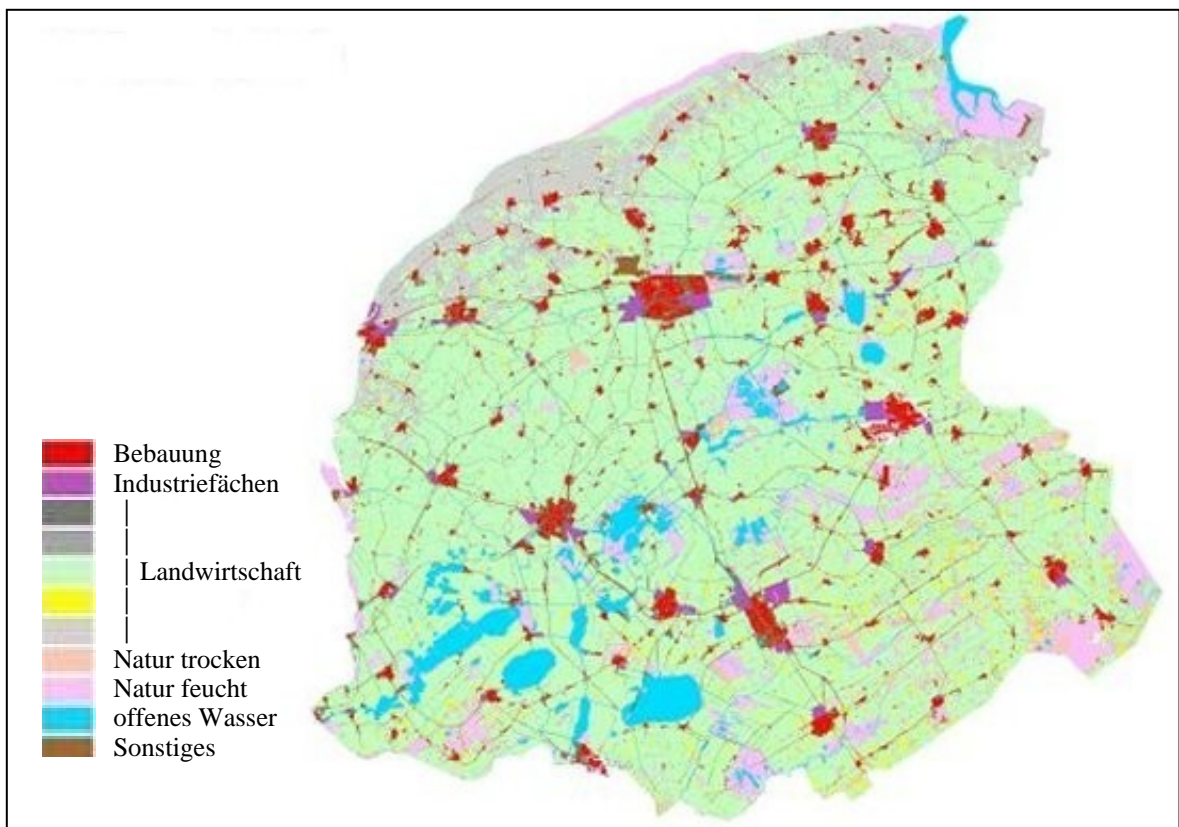
- Überbaute Flächen: 5 %
- Landwirtschaft Grasland: 67 %
- Landwirtschaft Ackerbau: 7 %
- Natur: 10 %
- Sonstiges: 11 %

und verdeutlichen den weiträumigen, "grünen" Charakter Frieslands.

#### Flächennutzung:



**Bild 2-3: Flächennutzung Friesland - Nutzungsarten prozentual**  
(Quelle: <http://www.hkv.nl/cdFriesland/watersysteem/WatersysteemFramset.htm>)



**Bild 2-4: Flächennutzung Friesland - geographische Verteilung**

(Quelle: <http://www.friesewaterschappen.nl/infotype/webpage/view.asp?objectID=1514>)

## 3 Zentrale geohistorische Parameter

Zentrale Parameter der geohistorischen Entwicklung der Niederlande sind die langfristigen Klimaveränderungen, der Anstieg des Meeresspiegels, die tektonisch und siedlungsbedingte Absenkung der Landoberfläche, der Umgang mit dem Oberflächenwasser sowie als dramatische Höhepunkte die Häufigkeit, Intensität und Schadenshöhe von Sturmfluten.

### 3.1 Tektonische Veränderungen

Durch großräumige Verschiebungen der tektonischen Platten (Auseinandertreiben der amerikanischen und der europäischen Platte, Druck der afrikanischen Platte auf Europa) steht die niederländische Region unter Spannung.

Eine der Auswirkungen ist ein leichtes kontinuierliches Kippen der Oberfläche von Südost nach Nordwest in die Nordsee:

- Im Südosten der Niederlande hebt sich der Boden mit rund 8 cm/Jahrhundert.
- Entlang der Küste sinkt der Boden um rund 4-8 cm/Jahrhundert. In den niederländischen Planungen (s. Kap. 3.8) wird von einer mittleren Senkungsrate von 5 cm / Jahrhundert ausgegangen.
- Da es sich bei der Plattentektonik um einen geologisch langfristigen Prozess handelt, kann diese Senkungsrate auch für die vergangenen 2.000 Jahre angenommen werden. Das bedeutet, dass die niederländische Küste sich in den vergangenen Jahrtausenden um rund 50 cm / Jahrtausend und rund 1 m in "historischer Zeit" seit Christi Geburt gesenkt hat. Dies sind für die flachen Dünen- und Marschlandschaften relativ hohe Werte mit erheblichen Auswirkungen auf die natürliche Küstenlinie.

### **3.2 Bodensenkung durch Gasgewinnung**

Ein aktuelles Problem ist die Senkung des Meeresbodens vor der niederländischen Küste durch Gasförderung.

Auf Ameland wurde beobachtet, dass durch die dortige Gasförderung sich der Wattboden zwischen 1986 und 2000 um ca. 22 cm gesenkt hat.

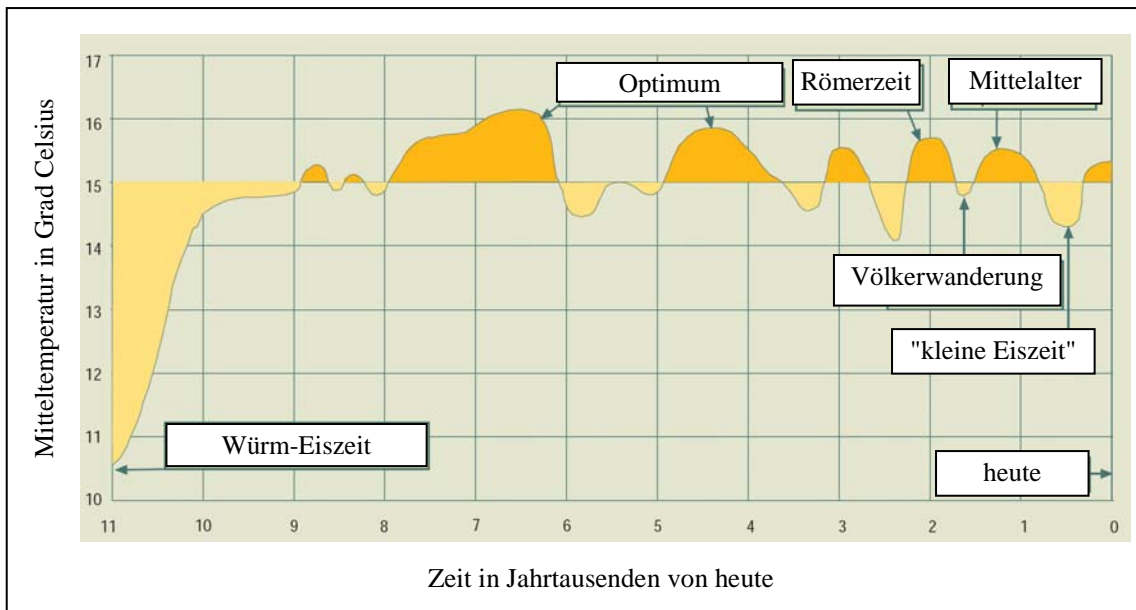
Hierbei handelt es sich allerdings um lokale Effekte mit begrenzten Auswirkungen auf die betroffene Region.

### **3.3 Langfristige Temperaturveränderungen**

In der letzten, der Würm-Eiszeit war es durchschnittlich 4-5 Grad kälter als heute. Vor rund 7.000 Jahren und vor 4.500 Jahren gab es zwei Perioden mit relativ warmem Klima (Optimum).

In "historischer" Zeit sind 6 Klimaperioden von Bedeutung:

- Etwa 700 - 200 v. Chr. gab es die bisher kälteste Klimaepoche seit der letzten Eiszeit, die u.a. vermuteter Anlass für Auswanderungswellen von Stämmen aus dem heutigen Schleswig-Holstein und Dänemark war. So wanderten u.a. die Friesen aus Jütland in das heutige Friesland ein. Die "Cimbern und Teutonen" zogen südwärts bis nach Italien.



**Bild 3-1: Veränderung der Lufttemperatur in den letzten 10.000 Jahren**

(Quelle: [http://www.statistik.admin.ch/stat\\_ch/ber02/klima\\_d.pdf](http://www.statistik.admin.ch/stat_ch/ber02/klima_d.pdf))

- Um Christi Geburt gab es eine erneute warme Phase, die wahrscheinliche eine der Ursachen für die wirtschaftliche Blüte des römischen Reiches war.
- Zwischen 200 und 600 n. Chr. sanken die Temperaturen erneut deutlich ab und veranlassten erneute Auswanderungswellen aus dem Norden Europas (u.a. Goten).
- Das frühe Mittelalter (ca. 600 - 1300 n. Chr.) war wieder eine relativ warme Zeit mit verbesserten landwirtschaftlichen Erträgen, Bevölkerungswachstum und wirtschaftlicher Blüte.
- Die Kälteperiode von ca. 1500 - 1800 n. Chr. wird "kleine Eiszeit" genannt. Ihre Folge: Rückgang der landwirtschaftlichen Produktivität und Ernährungsprobleme der inzwischen erheblich gewachsenen Bevölkerung.
- Seit etwa 1850 wird ein zunehmender Anstieg der Lufttemperatur beobachtet, der einerseits zu den langfristigen Temperaturzyklen seit der letzten Eiszeit passt, andererseits in seiner Steigerungsrate auf den "Treibhauseffekt" durch zivilisatorische Emissionen zurückgeführt wird.

### 3.4 Anstieg des mittleren und des relativen Meeresspiegels

Bei der Beurteilung und Prognose der mittel- und langfristigen Veränderung des Meeresspiegels vor der niederländischen Küste müssen zwei Mechanismen auseinander gehalten werden:

- Die globalen Veränderungen des Meeresspiegels u.a. durch Abschmelzen der Polkappen und
- die Absenkung der Küste als Folge der Plattentektonik.

Die Höhe des "mittleren Meeresspiegels" (Referenz: "Normalnull") ist ein globaler Maßstab, der bezogen auf einen (fiktiven) plattentektonisch vertikal stabilen Punkt auf der Erdoberfläche gemessen wird.

Der historische Referenzpunkt für Normalnull ist in Deutschland der mittlere Pegel von Amsterdam (NAP (Normaal Amsterdams Peil)), eine wegen der Plattentektonik problematische Wahl (s. Kap. 3.1).

Als globale Referenz wird das so genannte Geoid verwendet, das man durch die Vermessung von Satellitenbahnen berechnet. Hier wird die Oberfläche bestimmt, die sich bilden würde, wenn die ganze Erde von Wasser bedeckt wäre, also die Äquipotentialfläche, auf der die Schwerkraft unter Vernachlässigung von Ebbe und Flut überall denselben Betrag hat. Die Abweichung der Gestalt der Erde von der idealisierten Kugelform ist dabei so gering, dass sie vernachlässigt werden kann.

Für die Beurteilung der aktuellen Höhe des mittleren Meeresspiegels sind zwei Grenzwerte von Bedeutung:

- Der Tiefstand des mittleren Meeresspiegels zum Höhepunkt der letzten Eiszeit vor etwa 20.000 Jahren lag nach neueren Berechnungen des Alfred-Wegener-Institutes bezogen auf das heutige Niveau bei  
etwa - 150 m
- Ein totales Abschmelzen des Westantarktischen Eisschildes würde - bezogen auf das heutige Niveau - den mittleren Meeresspiegel um  
ca. + 6 m  
ansteigen lassen. Ein Schmelzen des größeren, aber wesentlich stabileren Ostantarktischen Eisschildes würde einen Meeresspiegelanstieg von  
ca. + 60 m  
verursachen

Der für die Gegenwart relevante Anstieg des Meeresspiegels begann mit dem Ende der letzten Eiszeit vor rund 10.000 Jahren (Meereshöhen im folgenden bezogen auf NAP (Normaal Amsterdams Peil)):

- Vor 10.000 Jahren lag der mittlere Meeresspiegel ca. -70 m unter dem heutigen Niveau,
- vor 7.500 Jahren war er auf -14 m angestiegen (ein Pegelanstieg von rund 2,5 m / Jahrhundert),
- vor 6.000 Jahren (4.000 v. Chr.) um weitere 8 m auf -6 m unter NAP.
- Vor 2000 Jahren lag der mittlere Meeresspiegel bei -0,40 m unter NAP und stieg nur noch langsam mit rund 2 cm / Jahrhundert.
- Während der "kleine Eiszeit" (ca. 1500 - 1800) sank der mittlere Meeresspiegel leicht.
- Seit 1850 wird ein erneutes starkes Ansteigen des mittleren Meeresspiegels von rund 20 cm/Jahrhundert beobachtet, mit steigender Tendenz.
- Es wird damit gerechnet, dass der Meeresspiegel bis zum Jahr 2020 um weitere 20 cm gestiegen sein wird. Für das Ende des Jahrhunderts wird eine Steigerung auf 40-100 cm über NAP befürchtet (s. Kap. 3.8 Prognosen und Trends).

Für die niederländische Nordseeküste addiert sich zu dem Ansteigen des mittleren Meeresspiegels das Abkippen des niederländischen Festlandes in die Nordsee mit einer Rate von rund - 5 cm / Jahrhundert (s. Kap. 3.1).

Geht man für die Zeit 0 - 1500 n. Chr. von einem konstanten Anstieg des mittleren Meeresspiegels um 2 cm / Jahrhundert aus, so ergibt die Addition der Effekte für diese Epoche einen Anstieg des relativen Meeresspiegels um rund + 7 cm / Jahrhundert.

Bezogen auf NAP:

- Um das Jahr 0 n. Chr. (vor 2.000 Jahren):
 

mittlerer Meeresspiegel:	- 40 cm
Höhe der Festlandplatte:	+ 100 cm
relativer Meeresspiegel:	- 140 cm

- Um das Jahr 500 n. Chr. (vor 1.500 Jahren):
 

mittlerer Meeresspiegel:	- 30 cm
Höhe der Festlandplatte:	+ 75 cm
relativer Meeresspiegel:	- 105 cm
relativer Anstieg seit 0 n. Chr.:	+ 35 cm
  
- Um das Jahr 1.000 n. Chr. (vor 1.000 Jahren):
 

mittlerer Meeresspiegel:	- 20 cm
Höhe der Festlandplatte:	+ 50 cm
relativer Meeresspiegel:	- 70 cm
relativer Anstieg seit 0 n. Chr.:	+ 70 cm
  
- Um das Jahr 1.500 n. Chr. (vor 500 Jahren):
 

mittlerer Meeresspiegel:	- 10 cm
Höhe der Festlandplatte:	+ 25 cm
relativer Meeresspiegel:	- 35 cm
relativer Anstieg seit 0 n. Chr.:	+ 105 cm

Der Anstieg des relativen Meeresspiegels vor der niederländischen Küste im Verlauf eines Jahrtausends um rund + 70 cm ist für eine bis zum Jahr 1200 n. Chr. nicht oder nur unzureichend durch Deiche geschützte flache Küste ein dramatischer Pegelanstieg, der im Verbund mit stürmischen Wetterlagen (u.a. zwischen 1000 und 1300 n. Chr. s. folgendes Kap.) eine plausible Erklärung für die erheblichen Landverluste in dieser Zeit darstellt (s. Kap. 4).

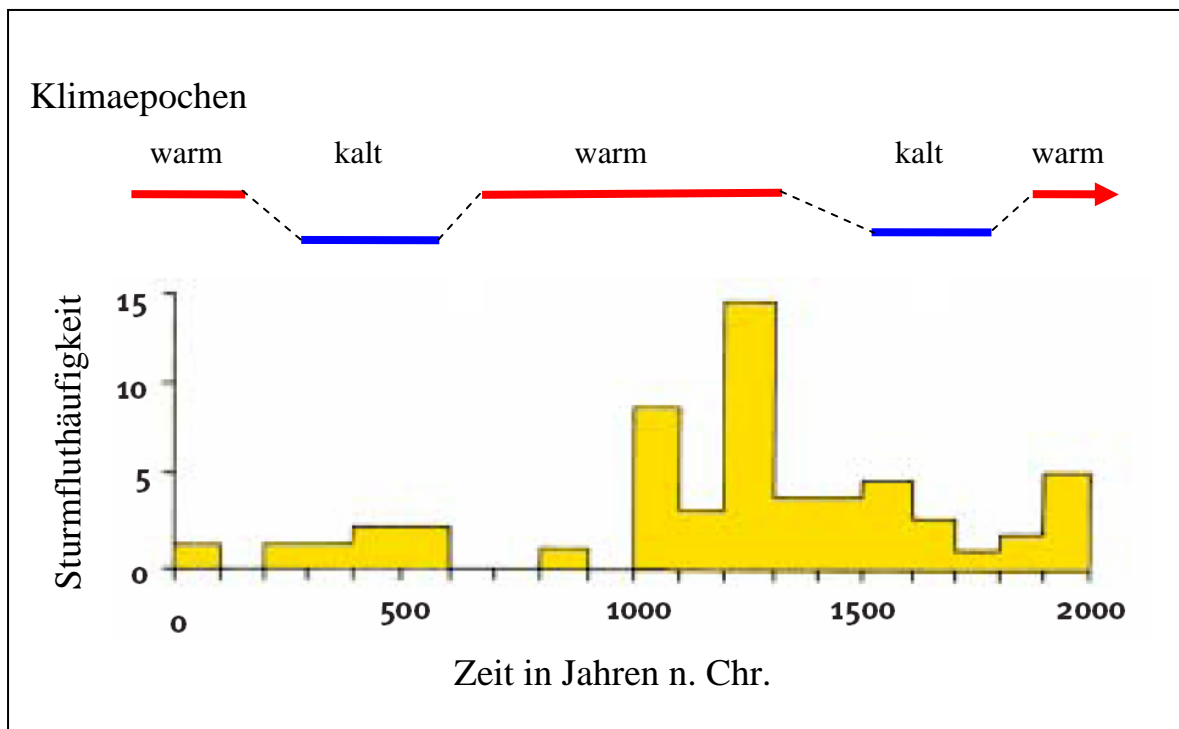
### 3.5 Sturmfluten

Eine Sturmflut ist ein durch Sturm mit auflandigen Winden erhöhter Tidenstrom. Von einer Sturmflut wird gesprochen, wenn der Tidenhöchststand das mittlere Tidenhochwasser um mehr als einen Meter übersteigt.

Ein Sturm ist ein Wind ab Stärke 9 auf der Beaufort-Skala (Bft):

Sturm	9 Bft	75 - 88 km/h
voller Sturm	10 Bft	89 - 102 km/h
schwerer Sturm	11 Bft	103 - 117 km/h
Orkan	12 Bft	> 117 km/h





**Bild 3-2: Häufigkeit schwerer Sturmfluten an der Nordseeküste in den letzten 2000 Jahren**

(Quelle: Schönwiese, Christian-Dietrich: Klima im Wandel, Tatsachen, Irrtümer, Risiken; Deutsche-Verlags-Anstalt GmbH, 1992)

Bei Sturmfluten kann sich das Wasser an der niederländischen Nordseeküste, insbesondere im Watt und in Flussmündungen, um bis zu 2-3 m über dem mittleren Hochwasser aufstauen. Besonders gefährlich sind an der friesischen Küste Stürme aus Nord oder Nordwest und Wetterlagen, bei denen mehrere Sturmtiefs so schnell aufeinander folgen, dass das ablaufende Wasser durch den Winddruck nicht durch die Gatten zwischen den Inseln abfließen kann und mehrere Hochwasser nacheinander den Wasserpegel hochdrücken.

Ein zusätzliches Problem bei starkem Sturm ist der Seegang: In den niederländischen Küstenschutz-Planungen wird im Bereich der nördlichen Dünenküste mit maximalen Wellenhöhen von über 9 m und einer Wellenperiode von bis zu 16 Sekunden gerechnet. Die große kinetische Energie des Seegangs übt starke Kräfte einerseits durch den direkten Aufprall auf die Seeseite der Dünen und Deiche aus, andererseits können Wellen, die über die Deichkrone schlagen, erhebliche Schäden auf der schwächer armierten Rückseite des Deiches anrichten, die zur Aushöhlung des Deiches und zum Deichbruch führen können.

Die Anzahl der pro Jahrhundert historisch wahrgenommenen Sturmfluten ist nicht nur eine Funktion der Sturmstärken und der Fluthöhen sondern insbesondere in frühen Quellen vor allem abhängig von dem Umfang der Schäden, der Zahl der Toten und den langfristigen Folgen, z.B. durch dauerhaften Landverlust.

Die Graphik zeigt u.a. ein Maximum schwerer Sturmfluten in der Zeit zwischen 1000 und 1300 n. Chr. Diese Stürme im Zusammenhang mit dem seit der Römerzeit um 70 cm angestiegenen relativen Meeresspiegel, der beginnenden Absenkung entwässerter Moore und einer noch unzureichenden Deichbautechnik führten im Nordwesten der Niederlande und in der dadurch geöffneten Zuiderzee zu dramatischen Landverlusten.

Diese Beobachtungen und meteorologische Modellrechnungen lassen darauf schließen, dass schwere Sturmfluten gehäuft in warmen Klimaperioden auftreten.

### **3.6 Kultivierung der Moorgebiete**

Bis etwa 1000 n. Chr. war Friesland (s. Bild 4-4) südlich der Mittelsee (und weite Teile der nordwestlichen Niederlande) von unzugänglichem Moor und Hochmoor bedeckt. Besiedelt waren zu dieser Zeit im Norden des Landes im wesentlichen nur die Marschgebiete an der Nordseeküste sowie einige geeignete Punkte am Ufer des Flevomeer und des Vlie.

Die Oberfläche der Moore lag ca. 1-2 m über dem mittleren Meeresspiegel.

Die Dicke der "Moorkissen" über dem sandigen Untergrund betrug zwischen 4-10 m.

Um das Jahr 1000 n. Chr. begann die systematische Kultivierung der Moorgebiete durch Entwässerung.

Das Moorgebiet wurde hierzu in Parzellen (nl: kavel) von ca. 100 m Breite eingeteilt, an deren Rändern Entwässerungsgräben (nl: sloot) von zunächst ca. 1 m Breite und 1 m Tiefe gegraben wurden. Die Entwässerung erfolgt in die Bäche und Flüsse und weiter in das Tidengewässer Nordsee.

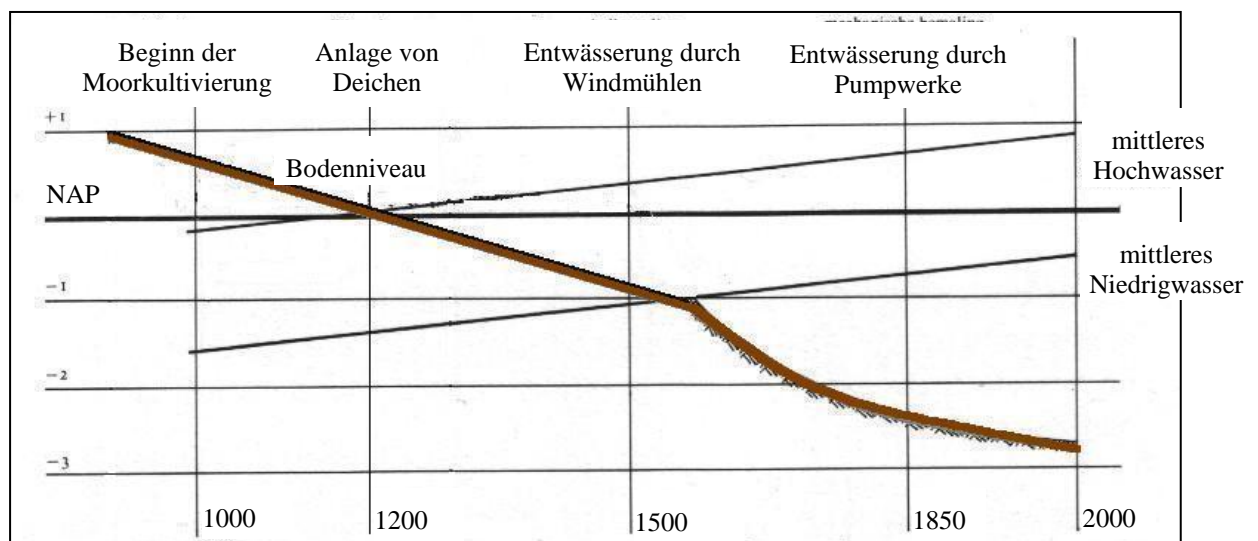
Die typischen Betriebsgrößen der Kolonisten betragen ca. 15-30 ha (ca. 1,5 - 3 km Parzellenlänge). Pro 1 km<sup>2</sup> Moorentwässerung mussten Entwässerungsgräben in einer Länge von ca. 10 km gegraben werden.

Der bis heute nachwirkende Nebeneffekt der Entwässerung:

- Die mehrere Meter dicke Moorschicht senkte sich relativ schnell zunächst durch Wasserentzug, dann durch Oxidation des organischen Materials.  
Insgesamt senkte sich der Moorboden um durchschnittlich 3-4 m.
- Die Entwässerungsgräben mussten kontinuierlich vertieft werden.
- Die Abführung des Oberflächenwassers wurde zunehmend problematisch, insbesondere nachdem dessen Pegel das Niveau des Meeresspiegels unterschritten hatte.
- Die weiten abgesenkten Flächen wurden zunehmend durch Überflutung gefährdet.

### 3.7 Deichbau, Siele, Entwässerung

Bis zur ersten Jahrtausendwende hatte die friesische Bevölkerung sich dadurch vor Hochwasser und Überschwemmungen geschützt, dass sie ihre Siedlungen auf natürlichen oder künstlichen Anhöhen (nl: terpen) baute. Um 900 n. Chr. begann in Friesland der Deichbau zur Sicherung der Flächen gegen Überflutung. Bis 1100 n. Chr. waren bereits weite Teile Frieslands durch Deiche geschützt und es gab eine gut funktionierende regionale Organisation zur Unterhaltung der Deiche, Schleusen und Siele.



**Bild 3-3: Schematischer Zusammenhang von steigendem Meeresspiegel, Bodenabsenkung und Entwässerungsverfahren**

(Quelle: <http://home.tiscali.nl/~wr2777/West-Friesland.htm>)

Es gilt inzwischen als sehr wahrscheinlich, dass der Deichbau durch die Bodenabsenkung in Folge der Moorentwässerung ab 1000 n. Chr. wenn nicht initiiert so doch intensiv vorangetrieben wurde.

Das Bild zeigt schematisch den Zusammenhang zwischen einem langsam steigenden relativen Meeresspiegel, der Bodenabsenkung durch Kultivierung der Moore und den Entwässerungsmethoden:

- Um das Jahr 1000:  
Beginn der Moorkultivierung,  
Bodenniveau ca. 1,50 m über dem mittleren Hochwasser.  
Die Entwässerung erfolgt über Kanäle und Flüsse.
- Um das Jahr 1200:  
Das Bodenniveau ist auf die Höhe des mittleren Hochwassers gesunken.  
Spätestens zu diesem Zeitpunkt müssen Deiche gebaut werden, um die Überflutung durch die See zu verhindern.  
Die Entwässerung erfolgt über Siele in den Deichen in das Tidengewässer:  

Bei Niedrigwasser werden die Siele geöffnet, um das Wasser abzulassen,  
Bei steigendem Wasser schließen sich die Siele (i.d.R. automatisch).
- Um das Jahr 1500:  
Das Bodenniveau ist bis auf die Höhe des mittleren Niedrigwassers abgesunken und kann nicht mehr auf natürlichem Wege entwässert werden.  
Es werden Windmühlen eingesetzt, um das Wasser aus den tiefer gelegenen Flächen in höher gelegene Kanalsysteme (nl: boezem) zu pumpen, die über Siele in die Tidengewässer entwässert werden.  
Mit dem Einsatz von Windmühlen wird einerseits der Absenkungsprozess beschleunigt, andererseits ermöglicht es diese Technik, umfangreiche Flächen einzupoldern und künstlich zu entwässern.
- Ab ca. 1850 werden dampfbetriebene Pumpwerke zur Entwässerung eingesetzt.

### 3.8 Prognosen und Trends

In einer umfangreichen gemeinsamen Studie der Provinz Friesland und der Gezamenlijke waterschappen Fryslan ("Verkenning van berging en afvoer van water in Fryslan", 2002, Quelle u.a.: <http://www.friesewaterschappen.nl>) werden die Auswirkungen der klimatischen und geologischen Prognosen auf den Wasserhaushalt der Provinz Friesland für den Zeitraum bis 2030 und 2100 untersucht.

Die Studie geht (u.a. auf der Basis von Klimamodellen des KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut)) von folgenden Entwicklungen aus:

- Temperatur:  
Voraussichtlicher Anstieg der mittleren Temperatur bis zum Jahr 2100 um  
ca. 2 °C
- Niederschlag:  
Bei höherer Temperatur (und einer höheren Menge gespeichertem Wasserdampf) wird mit einer größeren Niederschlagsintensität gerechnet. Die Niederschlagshäufigkeit bleibt voraussichtlich gleich.  
Voraussichtliche Zunahme der Niederschlagsmenge bis zum Jahr 2100:  
im Mittel: ca. 10 %  
bis 2030: ca. 6 %  
bis 2100: ca. 20 %.
- Wind:  
Die Klimamodelle gehen davon aus, dass sich die Muster und Häufigkeiten der Wetterzirkulation über Westeuropa bis 2100 nicht verändern werden.  
Daraus folgt:  
Es wird erwartet, dass sich Wind- und Sturmhäufigkeiten für die Niederlande bis 2100 nicht wesentlich verändern.  
Es gibt allerdings meteorologische und statistische Indizien dafür, dass bei steigender Temperatur und erhöhter Wassermenge in der Luft sich die Intensität der Wetterereignisse vergrößern wird (s.o.). Das würde nicht nur ergiebiger Regenfälle, sondern auch  
stärkere Gewitter und  
heftigere Stürme und Sturmfluten mit höherem Schadenspotential bedeuten.
- Relativer Anstieg des Meeresspiegels:  
Der relative Anstieg des Meeresspiegels ist die Summe des globalen

Anstiegs durch das Abschmelzen der Polkappen, der erhöhten Ausdehnung von wärmerem Wasser als Folge der voraussichtlichen globalen Temperaturerhöhung und der tektonischen Bodenabsenkung der niederländischen Küste.

Der gemessene relative Anstieg des Meeresspiegels im vergangenen Jahrhundert betrug:

ca. 20 cm / Jahrhundert

Der geschätzte Anstieg des Meeresspiegels bis zum Jahr 2100 beträgt:

bis 2030: ca. 15 cm

bis 2100: ca. 60 cm.

- Gezeiten:

Zusätzlich zu dem voraussichtlichen Anstieg des mittleren Meeresspiegels wird sich auch der Tidenhub bis zum Jahr 2100 um voraussichtlich 10 cm pro Jahrhundert erhöhen:

bis 2030:

Zunahme des mittleren Hochwassers um: ca. +1,5 cm

Abnahme des mittleren Niedrigwassers um: ca. -1,5 cm.

bis 2100:

Zunahme des mittleren Hochwassers um: ca. +5 cm

Abnahme des mittleren Niedrigwassers um: ca. -5 cm.

- Tektonische Veränderungen:

Es wird davon ausgegangen, dass sich auf Grund der geologischen Plattentektonik die niederländische Küste weiter absenkt, bezogen auf das Jahr 2000:

bis 2100: um ca. 5 cm.

Diese Schätzungen sind in der Prognose des relativen Anstiegs des Meeresspiegels bereits enthalten.

- Absenkung der Moorböden:

Durch Entwässerung und Oxidation senken sich die Moorböden zwischen 0,25 - 1,25 cm / Jahr.

Auf Grund der Gegebenheiten in Friesland wird geschätzt, dass bezogen auf das Jahr 2000

bis 2030

95.000 ha (= 29 % der Oberfläche Frieslands) um mehr als 5 cm abgesunken sein werden,

maximale Absenkung um ca. 35 cm,

bis 2100

190.000 ha (58 % der Oberfläche Frieslands) um mehr als 5 cm abgesunken sein werden, maximale Absenkung um ca. 120 cm.

Daraus folgt u.a.:

- Der Anstieg des Meeresspiegels bis 2100 um +60 cm und die Vergrößerung des Hoch- und Niedrigwassers um +5 bzw. -5 cm ergeben für Harlingen folgende Prognose:

$$\begin{aligned} \text{Mittleres Hochwasser:} &= \text{NAP} + 0,85 + 0,60 + 0,05 \\ &= \text{NAP} + 1,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mittleres Niedrigwasser} &= \text{NAP} - 0,95 + 0,60 - 0,05 \\ &= \text{NAP} - 0,40 \text{ m} \end{aligned}$$

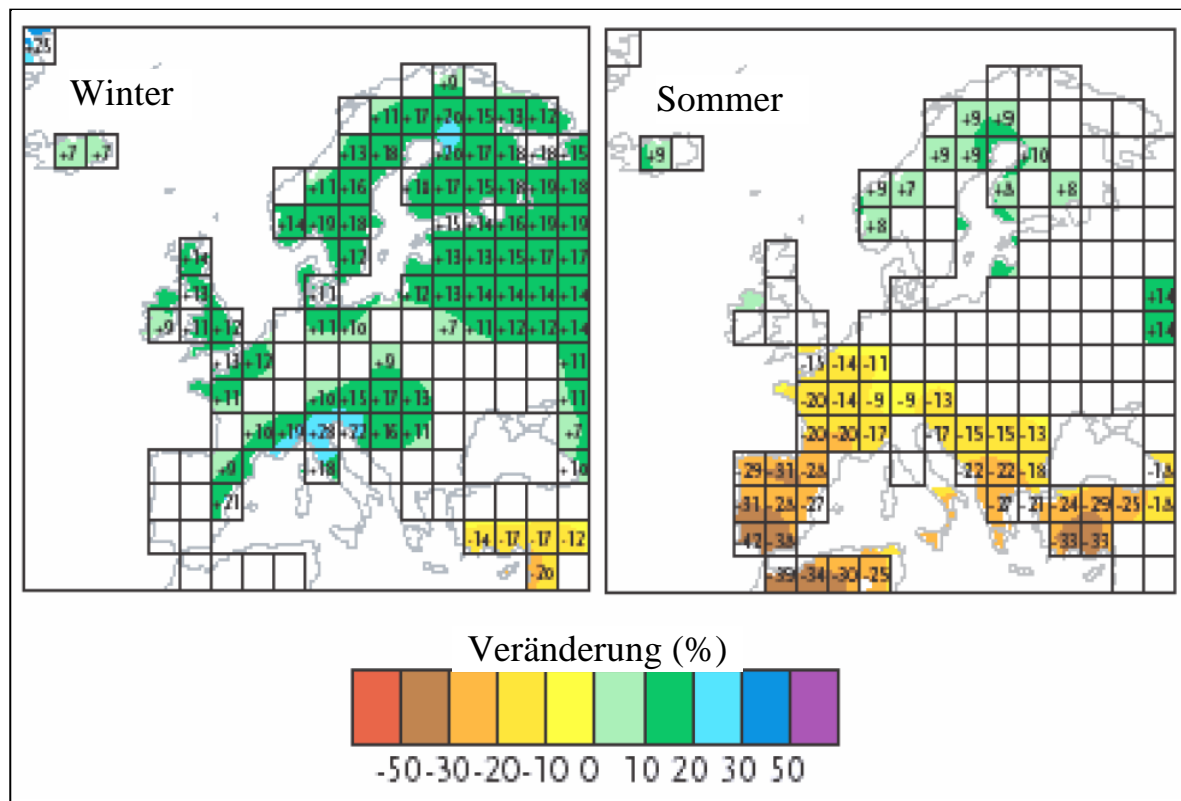
- Bei derart gestiegenem Meeresspiegel kann Friesland mit einem Soll-Pegel von NAP - 0,52 m auch bei Niedrigwasser nicht mehr über Siele in die Nordsee entwässert werden, das überschüssige (Regen-)Wasser muss abgepumpt werden.
- Das Ijsselmeer kann nur noch mit Zommerpeil NAP - 0,20 m und bei Niedrigwasser für knapp 2 Stunden in die Nordsee entwässert werden. Hierzu müsste die Kapazität der Siele im Abschlussdeich mehr als verdoppelt werden.

Als alternative Option wird z.Z. diskutiert, den Pegel des Ijsselmeer mit dem Meeresspiegel anzuheben. Die setzt voraus, dass nicht nur die Küstendeiche sondern auch die rund 450 km Ijsselmeer- und Polderdeiche um mindestens 1 m erhöht werden.

Für die Ijsselmeer-Gemeinden und für die Hafenanlagen hätte dies gravierende Folgen.

Das folgende Bild zeigt in Ergänzung zu den niederländischen Prognosen die Berechnungen des europäischen ACACIA Projektes zu den voraussichtlichen Veränderungen der Niederschläge in den Winter- und Sommerhalbjahren für Europa bis 2100.

Die Verteilung zeigt für die Wintermonate eine Zunahme der Niederschläge um 10-20 % für weite Bereiche vor allem Nordeuropas und für die Sommermonate eine Abnahme der Niederschläge um bis zu 30 % vor allem in Südeuropa.



**Bild 3-4: Voraussichtliche Veränderung der Niederschläge in Europa bis 2100 (ACACIA-Prognose)**

(Quelle: Parry, M. L. (ed.): Assessment of potential effects and adaptations for Climate change impacts in Europe, ACACIA project, 2000)

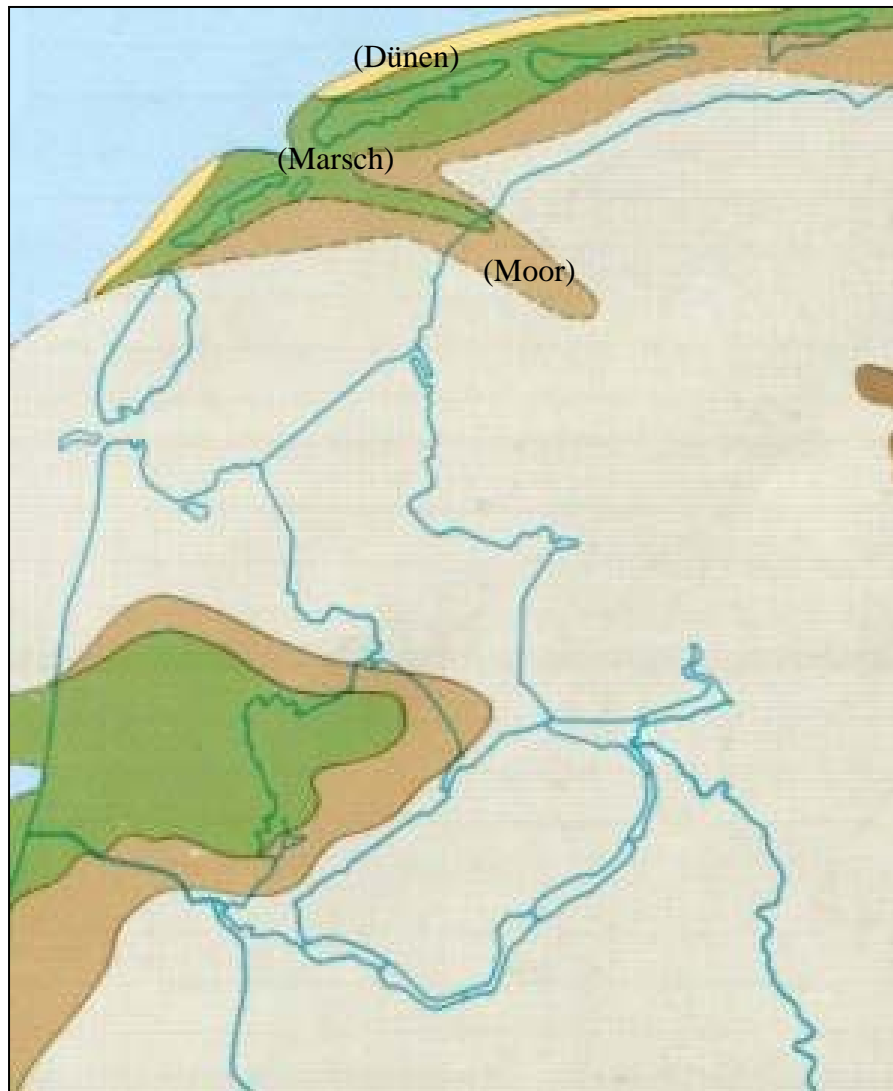
Für den geographischen Sektor der Niederlande werden vom ACACIA-Projekt keine wesentlichen Veränderungen vorhergesagt.

## 4 Geohistorische Entwicklung

Die folgenden Bilder sind Ausschnitte aus Karten des Atlas van Nederland (Quelle: Stichting Wetenschappelijke Atlas van Nederland: Atlas van Nederland, <http://avn.geog.uu.nl>) und zeigen die Entwicklung der Land-Wasser-Verteilung in den vergangenen 8.000 Jahren.

Zur Orientierung sind die heutigen Küstenlinien als dünne Striche eingezeichnet.





**Bild 4-1: Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 5.500 v. Chr.**

(Quelle: <http://avn.geog.uu.nl/13geologie/>)

Vor rund 7.500 Jahren war der Wasserspiegel der Nordsee auf NAP - 14 m angestiegen. Das heutige Watt war noch Festland.

Auf der Seeseite der Küste in Höhe der heutigen Wattinseln bildeten sich durch aufgewehten Sand Strände und Dünen, die durch Pflanzenbewuchs befestigt wurden und eine Barriere gegen die See darstellten. Dahinter lagerte sich im Rahmen von Ebbe und Flut Schlick ab, der durch Regen und Flusswasser entsalzt wurde und sich zu fruchtbarem Marschboden entwickelte.



**Bild 4-2: Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 3.000 v. Chr.**

(Quelle: <http://avn.geog.uu.nl/13geologie/>)

Vor 5.000 Jahren war die Nordsee auf ca. NAP - 5 m gestiegen. Das Ansteigen des Meeresspiegels hatte sich verlangsamt und die Küstenlinien konnten sich stabilisieren.

Hinter den Küstenbarrieren aus Strand und Dünen sorgte Flusswasser für eine weitere Entsalzung der Böden und es entstanden in dem Flachland großflächige Moore und Hochmoore. Nördlich von Friesland war die Küstenbarriere nicht geschlossen, hier entwickelte sich ein Wattgebiet und es entstand durch Ablagerung neues Marschgebiet.

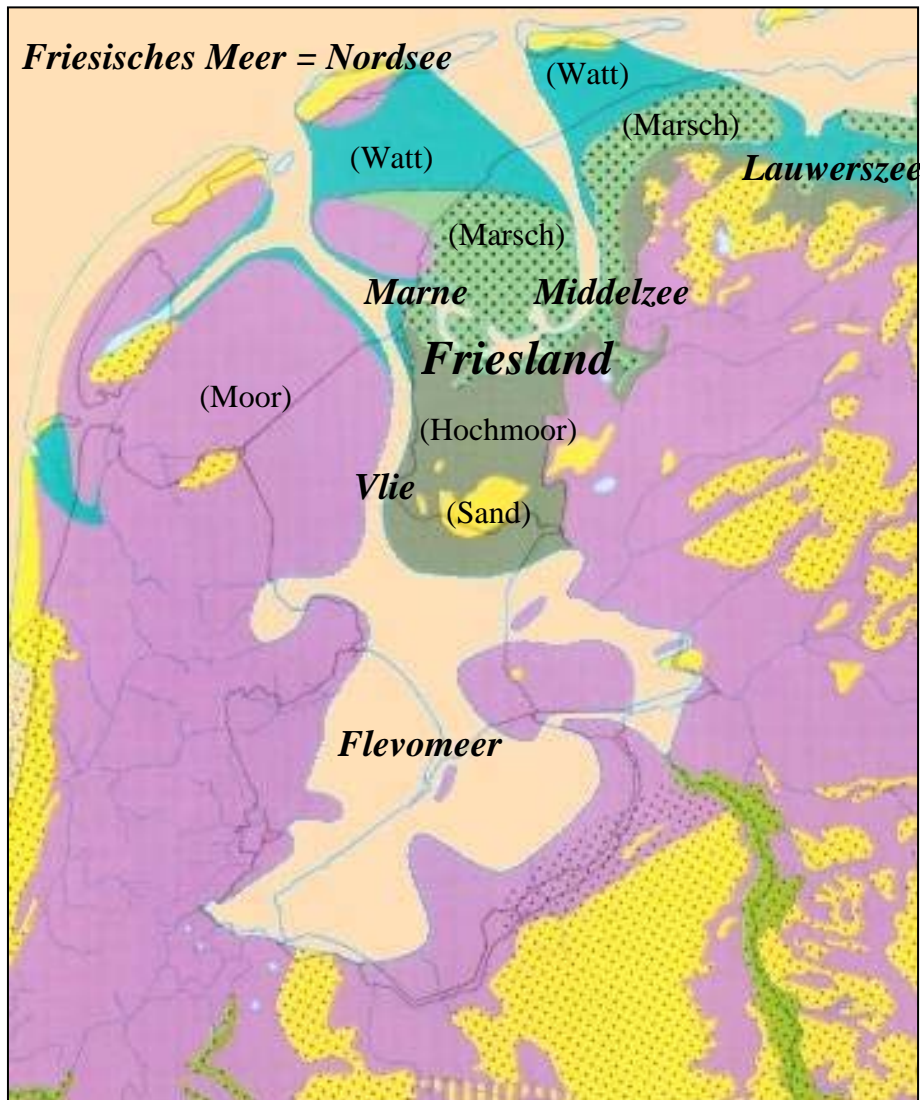


**Bild 4-3: Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 100 n. Chr.**

(Quelle: <http://avn.geog.uu.nl/13geologie/>)

Vor 2000 Jahren (um Christi Geburt) hatte der Meeresspiegel mit NAP - 0,40 m nahezu den heutigen Stand erreicht. Bereits rund 200 Jahre zuvor hatte ein Prozess der Küstenerosion durch Sturmfluten und Überschwemmungen begonnen, der seinen Höhepunkt im späten Mittelalter hatte. Die See drang insbesondere im Norden durch die Küstenbarrieren bis tief ins Landesinnere vor, es entstand u.a. die Alte Middelzee. Als Staubecken der Flüsse Ijssel und O-verijsselse Vecht hatte sich das Alte Flevomeer gebildet. Die Marschgebiete zwischen den Inseln und dem Festland waren abgesunken und erneut zu Watt geworden.

Zu dieser Zeit war das Küstengebiet bereits seit über 1.000 Jahren besiedelt.



**Bild 4-4: Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 800 n. Chr.**

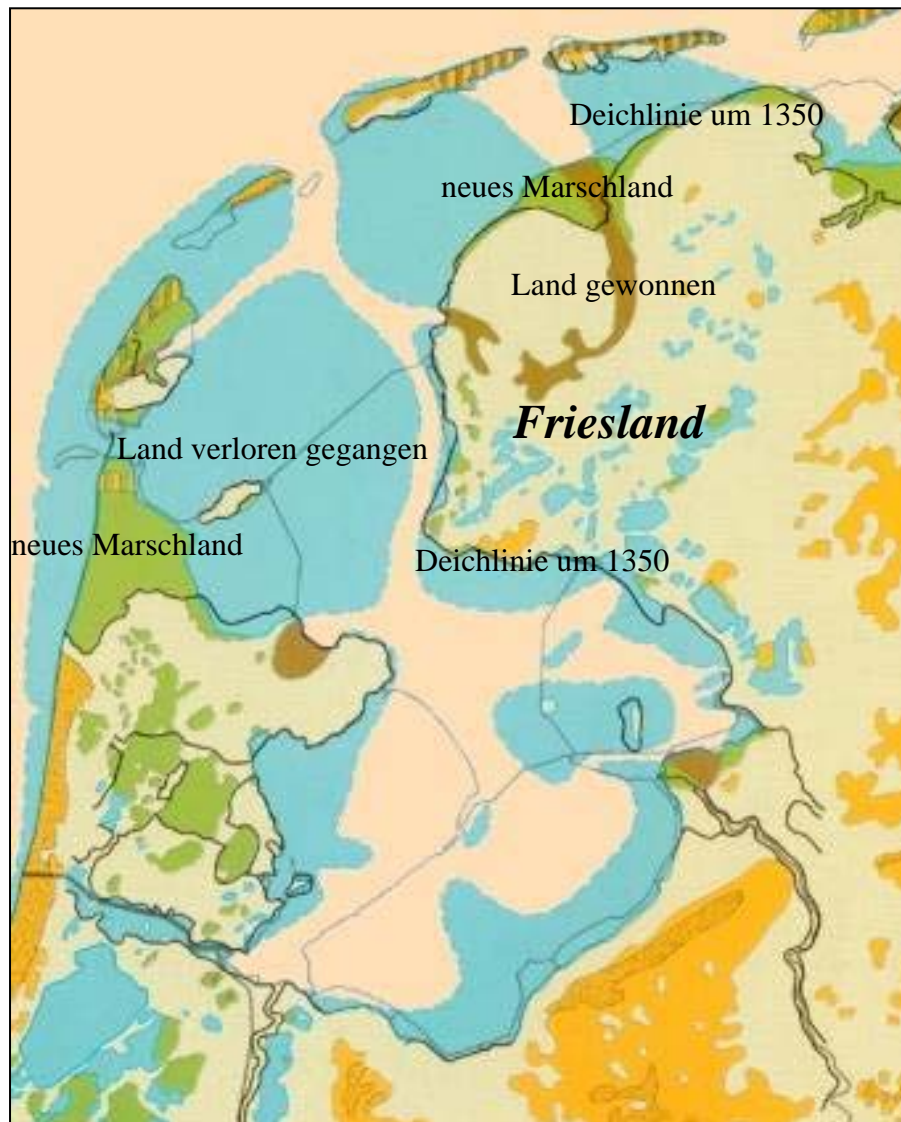
(Quelle: <http://avn.geog.uu.nl/02bewoningsgeschiedenis/>)

Bis zum Jahr 800 n. Chr. hatten sich die Küstenlinien und die Besiedlung des heutigen Friesland erheblich verändert:

- Die Behinderung der Küstenbesiedlung durch Sturmfluten im 3. und 4. Jahrhundert hatte etwa um 400 n. Chr. deutlich nachgelassen.
- Der nördliche Küstenbereich bestand aus fruchtbarem Marschland und gehörte um diese Zeit zu den am dichtesten besiedelten Gebieten in Nordwesteuropa.
- Das mittlere und südliche Friesland bestand weitgehend aus Hochmoor, im Süden mit eingestreuten Sandflächen (Grundmoränen).
- Der Nordküste von Friesland vorgelagert war zeitweise begehbare Watt bis zu den Inseln Ameland und Terschelling.

- Südlich grenzte Friesland an ein Binnengewässer, das Flevomeer, welches den mittleren und südlichen Teil der späteren Zuiderzee überdeckte und über einen Meeresarm, den Vlie, am Westrand von Friesland vorbei mit der Nordsee zwischen Terschelling und Vlieland verbunden war. Das Flevomeer wurde gespeist durch die Flüsse Ijssel und Overijsselse Vecht und bestand bis zum Vlie aus Süßwasser.
- Das nördliche Friesland wurde geteilt durch einen lang gestreckten See-arm, die Middelzee, die um 800 n. Chr. ihre größte Ausdehnung erreicht hatte. Sie reichte von der Nordsee zwischen Ameland und Terschelling an Leeuwarden vorbei südlich bis nach Sneek und westlich bis an Bolsward heran. Die Middelzee teilte das Land in die Regionen Westergo und Oostergo.
- Von Westen her reichte ein weiterer Seearm, die Marne, vom Vlie südlich von Harlingen nach Osten bis nach Bolsward.
- Middelzee und Marne waren Mündungsgebiete einiger Moor-Flüsse aus dem Innern Frieslands, u.a. der Boorne, die südlich von Leewarden in die Middelzee mündete und die spätere Entsalzung des Gebietes beschleunigte.
- Im Osten der heutigen Provinz Friesland hatte sich im Mündungsbereich des Flusses Lauwers eine flache, tief ins Land hineinreichende Bucht mit Watt-Charakteristik gebildet, die Lauwerszee.

Um diese Zeit entstanden in Friesland neben den bäuerlichen Siedlungen auf der Marsch an strategisch günstigen Uferlagen erste Handelzentren, u.a. Bolsward, Stavoren, Harlingen und Dokkum .



**Bild 4-5: Gewinn und Verlust von Land zwischen 800 und 1850**

(Quelle: <http://avn.geog.uu.nl/02bewoningsgeschiedenis/>)

Für die Periode von 800 - 1850 ergibt sich zusammenfassend folgender Gewinn und Verlust von Land:

Die Mittelsee und die Marne begannen ab ca. 1000 zu versanden:

- um 1100 wurde die Verbindung zwischen Marne und Mittelsee bei Bolsward unterbrochen, wodurch sich der Versandungsprozess beschleunigte.
- 1275 wurde die weitgehend versandete Mittelsee durch einen ersten Deich geschlossen und in der Folge entwässert.



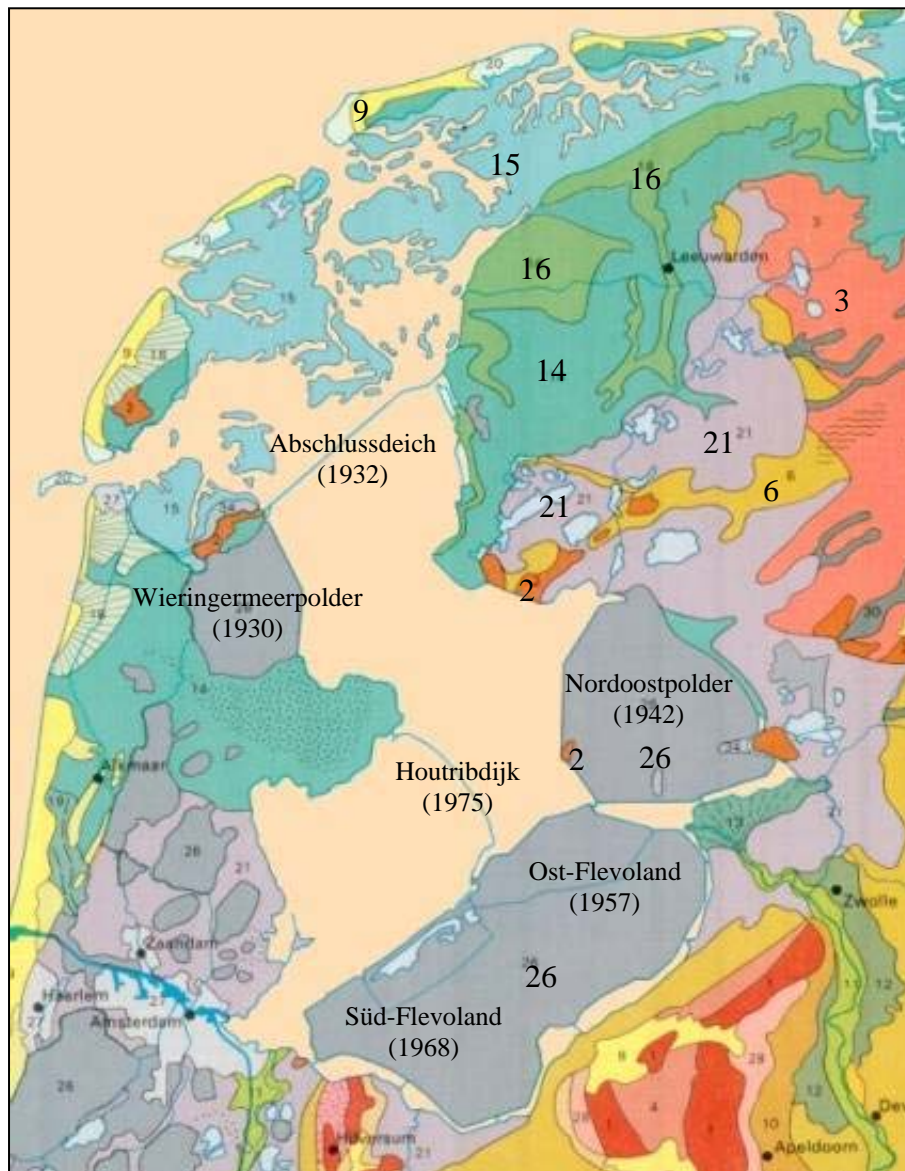
---

Zeitlich parallel wurde u.a. durch eine Serie von Sturmfluten zwischen 1150 und 1250 (u.a. 1163, 1170, 1196, 1214, 1219, 1248) Küstenland in erheblichem Umfang weggerissen. Die Verbindungen zwischen dem Festland und den Nordseeinseln, das westliche Ufer des Vlie und Teile des Flevomeer ging weiträumig unter, aus dem "süßen" Flevomeer wurde die "salzige" Zuiderzee.

Im Osten Frieslands hatten diese Sturmfluten die Lauwerszee (die Grenze zwischen Mittel- und Ostfriesland) vergrößert und vertieft.

Gesiedelt wurde in Friesland zunächst nur in der Küstenregion auf dem fruchtbaren Marschboden. Zur Sicherung gegen die regelmäßigen Überschwemmungen bauten die Bewohner ihre Gehöfte - später ganze Dörfer - auf natürlichen oder künstlichen Hügeln.

Zwischen 900 - 1.000 n. Chr. begann man im nördlichen Küstengebiet damit, systematisch Deiche gegen die Überflutungen zu bauen. Das Bild zeigt als schwarze Linie den Deichverlauf an der Küste um das Jahr 1350.



**Bild 4-6: Küstenlinien und Geomorphologie von Friesland und Umgebung heute**

(Quelle: <http://avn.geog.uu.nl/13geologie/>)

Legende:	2:	eiszeitliche Moränen
	3:	Grundmoränen
	6:	Sandablagerungen ehemaliger Flüsse
	9:	Dünen
	14:	eingedeichtes Gezeitensediment
	15:	neu entstehendes Gezeitensediment
	16:	Marsch
	21:	ehemaliges Moor
	26:	trockengelegte Polder



Das Bild zeigt den aktuellen Stand der geohistorischen Entwicklung und im Vergleich mit dem vorherigen Bild die Erfolge der niederländischen Deich-, Polder- und Entwässerungstechnologie:

- Ein Vergleich der Deichlinien von 1350 mit den heutigen Küstenlinien zeigt, dass mit dem Beginn der großräumigen Eindeichung - trotz vieler katastrophaler Rückschläge, Deichbrüche und Überschwemmungen - die Siedlungsflächen im Bereich des heutigen Friesland weitgehend gehalten werden konnten.
- Ab dem Ende des 15. Jahrhunderts hatte man damit begonnen, die durch Trockenlegung von Mooren abgesunkenen Flächen und geeignete, aufgeschlickte Wattbereiche einzupoldern und mit Windmühlen zu entwässern. Die Mühlentechnik wurde ständig verbessert, u.a. wurden Anfang des 17. Jahrhunderts, vermutlich von Jan Adriaanszoon Leeghwater (1575-1650), erstmalig zwei bis drei Wassermühlen in Reihe eingesetzt, womit größere Wassermengen aus größerer Tiefe abgepumpt werden konnten. Die Obergrenze der mit Windmühlentechnologie entwässerbaren Polderflächen lag bei etwa 10.000 ha. Mit dem Bau dampfbetriebener Pumpwerke ab ca. 1850 konnten größere Projekte in Angriff genommen werden.
- Die Beurteilung der Zuiderzee als tiefer Einschnitt der Nordsee in die nördlichen Niederlande war ambivalent:
  - o Einerseits bot die Küste eine Vielzahl geeigneter und relativ geschützter Standorte für Häfen, sowohl für die Fischerei als auch für Transport und Handel. Die Handelstädte an der Zuiderzee spielten im Mittelalter eine dominierende Rolle im Handel auf der Nordsee, die zu dieser Zeit auch "Friesisches Meer" genannt wurde.
  - o Andererseits war der Schutz der rund 300 km langen Küstenlinien gegen die Sturmfluten und Hochwasser aufwendig und kostspielig.
- Die Versandung der Häfen, der Niedergang der Zuiderzee-Städte durch die Verlagerung des Überseehandels zu anderen Standorten, das Bevölkerungswachstum und der daraus resultierende dringende Bedarf nach Neuland sowie schwere Flutschäden - zuletzt 1916 - gaben den Ausschlag:

Bereits 1667 hatte Hendric Stevin ein Projekt entworfen, die Zuiderzee durch einen Deich von der Nordsee zu trennen und in weiten Teilen trockenulegen, das Konzept überstieg aber die damaligen technischen Möglichkeiten. 1891 veröffentlichte dann Cornelis Lely (1854-1929) seinen Plan für einen Abschlussdeich der Zuiderzee zwischen Nord-Holland und Friesland, der die anschließende Einpolderung und Tro-

ckenlegung von rund 2/3 der südlichen Zuiderzee vorsah (Zuiderzee: 350.000 ha, geplante Polder: 230.000 ha). Der Plan wurde 1913 grundsätzlich genehmigt, durch den Ausbruch des 1. Weltkrieges verzögert, durch eine Sturmflut 1916 mit umfangreichen Überschwemmungen in Nord-Holland erneut auf die Tagesordnung gesetzt, 1918 von beiden Kammern des niederländischen Parlamentes endgültig beschlossen und ab 1919 umgesetzt:

o Abschlussdeich:

Amsteldiepdijk (Nord-Holland bis Wieringen):

Baubeginn: 1919  
 Fertigstellung: 1924  
 Länge: 2,5 km

Afsluitdijk (Wieringen bis Friesland):

Baubeginn: 1927  
 Fertigstellung: 1932  
 Länge: 32 km  
 Breite: ca. 90 m  
 Höhe: NAP + 7,8 bis 10 m  
 (höchster bisher gemessener Sturmflut-  
 pegel an der Friesischen Watt-Küste:  
 NAP + 4 m)

Entwässerungs-Siele: 15 Siele bei Den Oever,  
 10 Siele bei Kornwerderzand

Schleusen: Den Oever:  
 1 für Schiffe bis 2.000 ton  
 Konwerderzand:  
 1 für Schiffe bis 2.000 ton  
 1 für Schiffe bis 600 ton

o Wieringermeerpolder

Baubeginn: 1927  
 Deich geschlossen: 1929  
 Polder trocken: 1930  
 Länge des Deiches: 18 km  
 Pumpstationen: 2  
 Polderfläche: 20.000 ha

Besonderheit: Der Deich wurde am 17.4.1945 von der deutschen Wehrmacht gesprengt und das Land überflutet.  
 Der Deich wurde im gleichen Sommer erneut geschlossen und der Polder bis Ende 1945 trocken gepumpt.

- o Noordoostpolder:
  - Baubeginn: 1936
  - Deich geschlossen: 1940
  - Polder trocken: 1942
  - Länge des Deiches: 54 km
  - Pumpstationen: 3 (Lemmer, Urk, Vollenhove)
  - Polderfläche: 48.000 ha
  - Kanalpegel: östlich Marknesse: NAP - 4,50 m  
westlich Marknesse: NAP - 5,70 m
  
  - Besonderheiten:
    1. Integriert wurden zwei Zuiderzee-Inseln:  
In den Deich der Endmoränenhügel Urk, in den Polder (östlich von Nagele) der im 19. Jahrhundert aufgegebene Hochmoorhügel Schokland.
    2. Um Deichlänge zu sparen, war der Noordoostpolder direkt an das Festland angeschlossen worden. Die Folge: Das Grundwasser des Festlandes sickert ein, dies führt zu Austrocknung und Bodensenkungen.  
  
Konsequenz:  
Der nächste Polder Flevoland wurde durch Randmeere vom Festland getrennt.  
  
Es wird erwogen, nachträglich zwischen dem Noordoostpolder und dem Festland ein Randmeer mit Ijsselmeerpegel zu bauen.
  
- o Flevoland:

Der Polder wurde in zwei Bauabschnitten erstellt, die durch den Knardijk getrennt sind. Zwei Entwässerungskanäle kreuzen den Deich und können bei Bedarf durch Schleusen geschlossen werden.
  
- o Ost-Flevoland:
  - Baubeginn: 1950
  - Deich geschlossen: 1956
  - Polder trocken: 1957
  - Länge des Deiches: 90 km
  - Pumpstationen: 3
  - Polderfläche: 54.000 ha

- Besonderheit: Die Arbeiten wurden im Februar 1953 unterbrochen, da Material und Maschinen benötigt wurden, um die Schäden der Sturmflut in Zeeland zu beheben, und 1954 fortgesetzt.
- o Süd-Flevoland:
 

Baubeginn:	1959
Deich geschlossen:	1967
Polder trocken:	1968
Länge des Deiches:	70 km
Polderfläche:	43.000 ha
  - o Markerwaard:
 

Der Plan, das Markermeer trockenenzulegen wurde langfristig zurückgestellt (zuletzt: Regierungsbeschluss 1986), da einerseits kein zusätzlicher Landbedarf besteht, andererseits ökologische und touristische Gründe für die Erhaltung der Wasserfläche sprechen.

1941 war ein Deich von Marken nach Norden begonnen worden. Bei einer Deichlänge von 2 km wurde der Weiterbau im 2. Weltkrieg von der deutschen Besatzung unterbrochen und später nicht wieder aufgenommen. Statt dessen wurde 1957 ein 3,5 km langer Deich im Süden von Marken zum Festland gebaut.
  - o Houtribdijk:
 

Nach einer durch starken Nordwind hervorgerufenen Stauflut mit erheblichen Schäden im südwestlichen IJsselmeer 1960 wurde der zum Markerwaard-Projekt gehörende Plan eines Deiches zwischen Enkhuizen und Lelystad aufgegriffen:

Baubeginn:	1963
Bauende:	1976
Länge des Deiches:	28 km
Siele und Schleusen:	Enkhuizen, Lelystad

Der Deich teilt das alte IJsselmeer hydrologisch in zwei Teile:

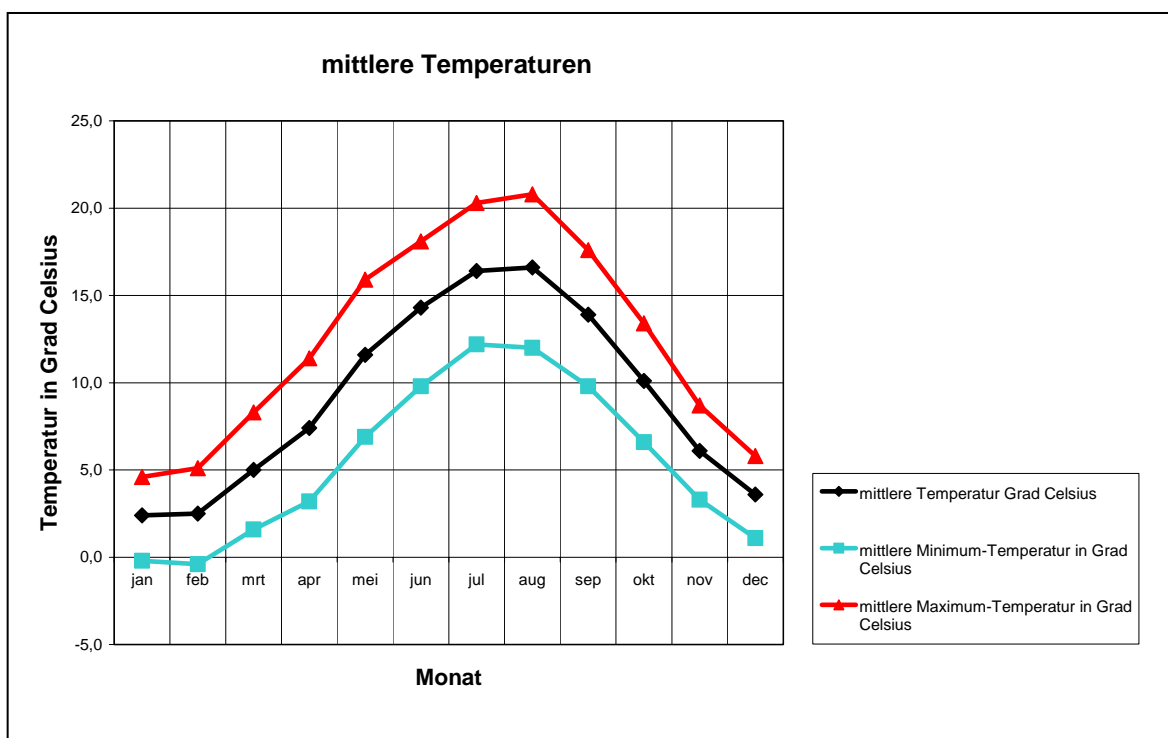
Ijsselmeer:	125 000 ha
Markermeer	70.000 ha

## 5 Meteorologische Daten

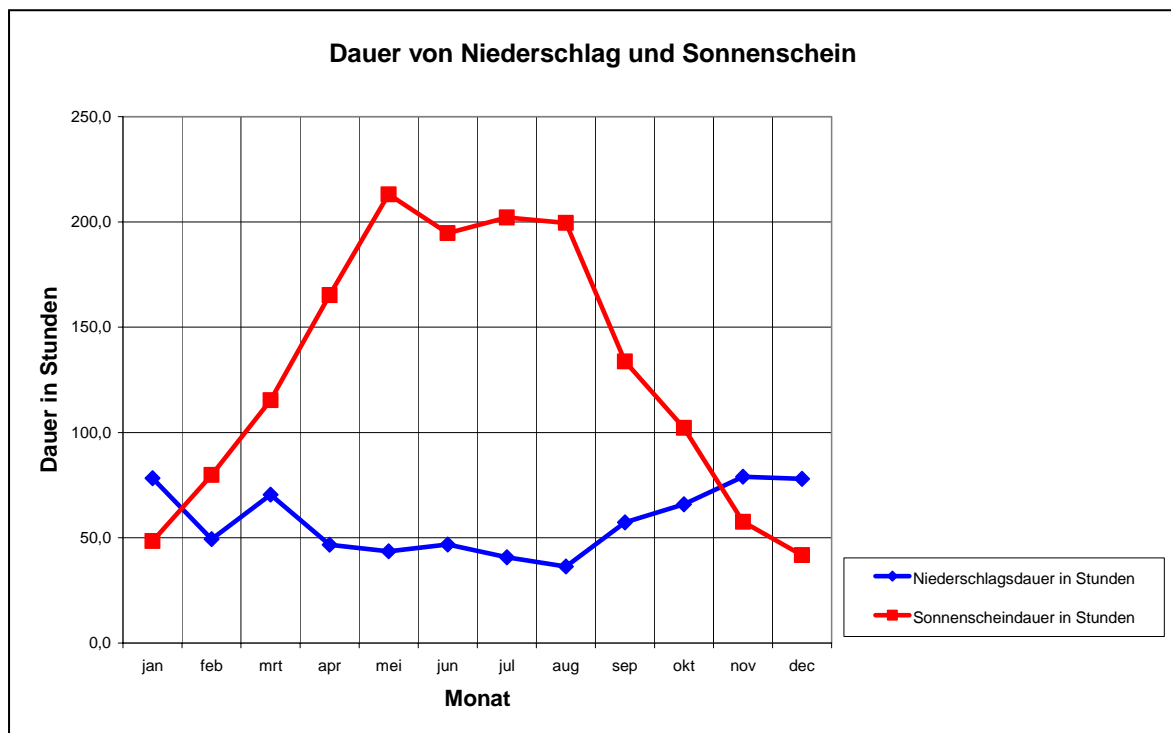
In Ergänzung der langfristigen Prognosen und Trends zur langfristigen klimatischen Entwicklung (s. Kap. 3.8) sollen meteorologischen Daten des niederländischen Wetterdienstes (KNMI) die aktuelle Situation und die kurzfristigen Trends darstellen (Quelle: <http://www.knmi.nl>).

### 5.1 Jahrgänge von Temperatur, Niederschlag und Wind

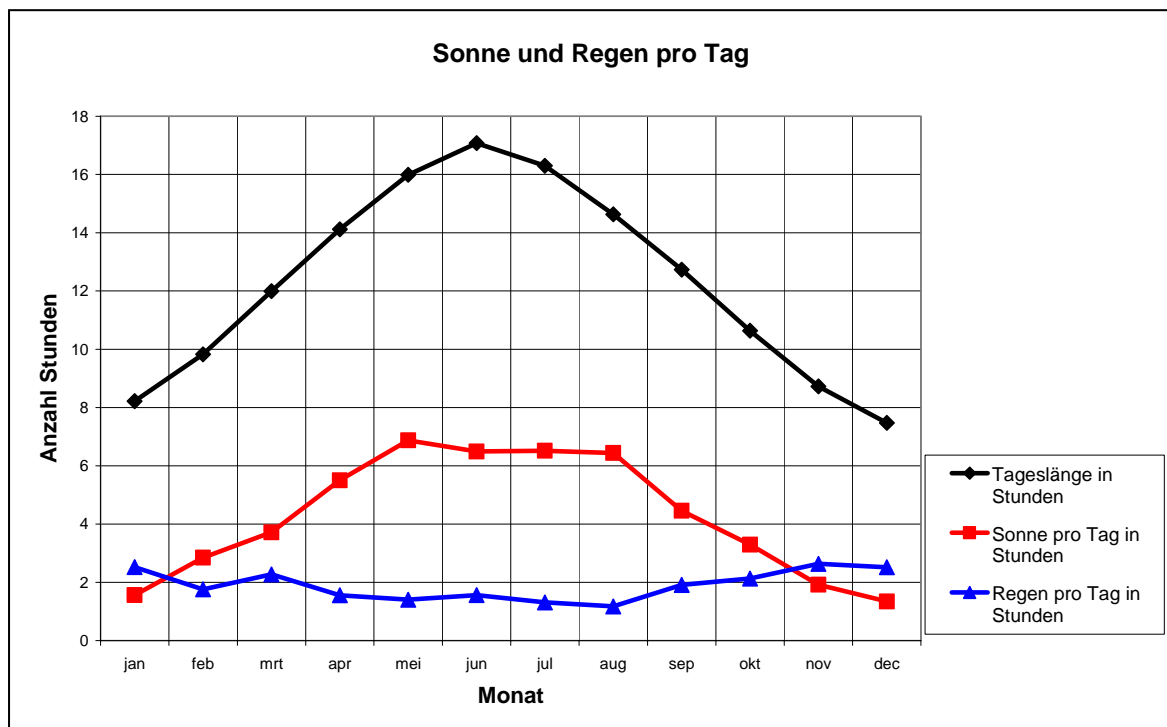
Für die Wetterstation in Leeuwarden (Friesland) ergeben sich aus den Wetterdaten der Jahre 1971-2000 folgende mittlere Jahrgänge:



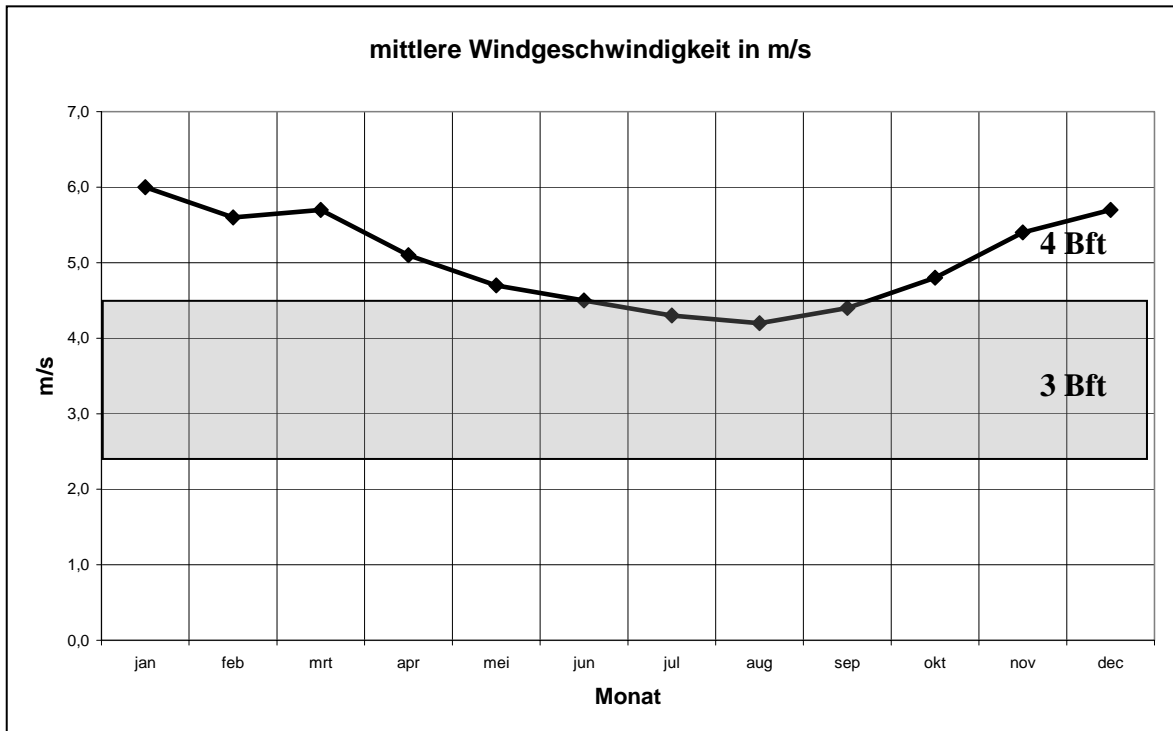
**Bild 5-1: Jahrgang der mittleren Temperaturen (in Grad Celsius)**



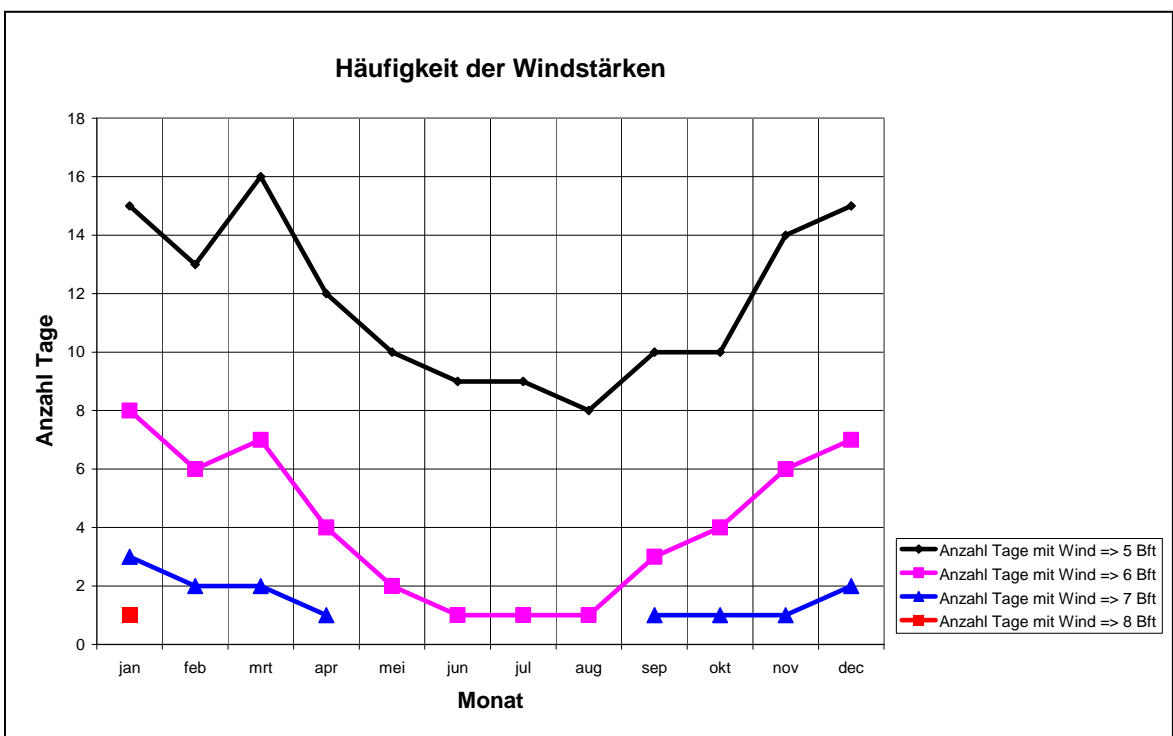
**Bild 5-2: Jahrgang der mittleren Dauer von Sonne und Regen (in Stunden pro Monat)**



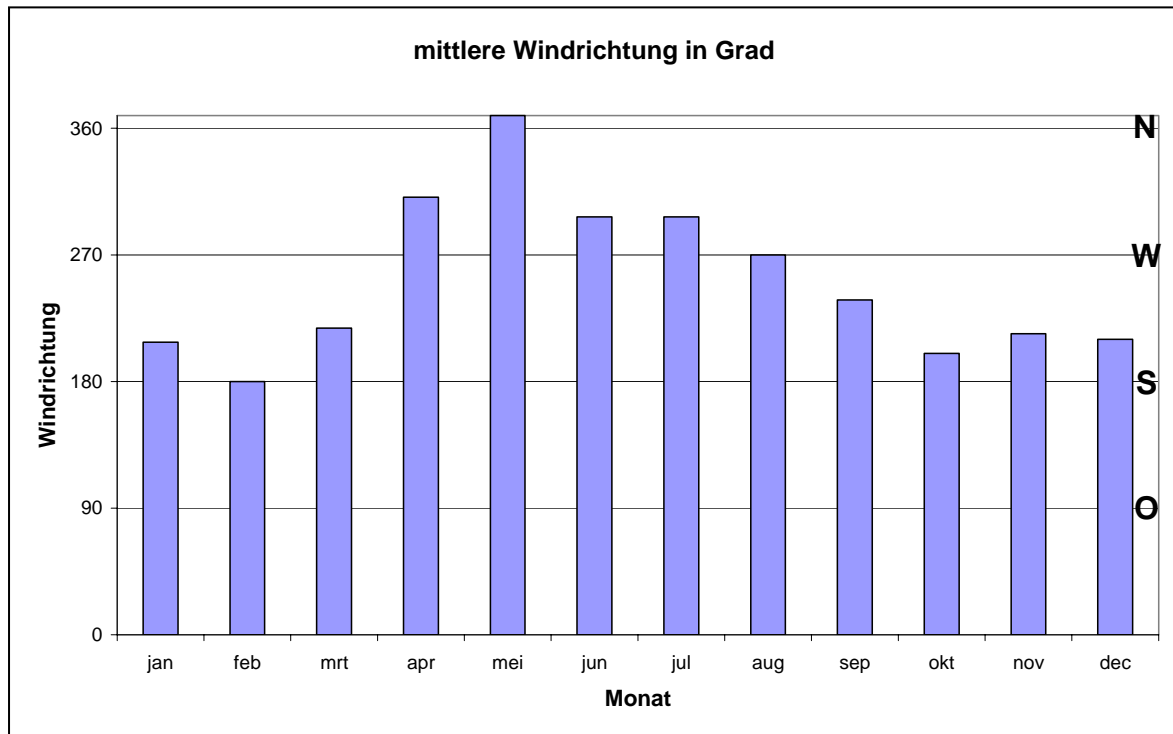
**Bild 5-3: Jahrgang der Tageslänge und der mittleren Dauer von Sonne und Regen (in Stunden pro Tag)**



**Bild 5-4: Jahrgang der mittleren Windgeschwindigkeit (in m/s und Bft)**



**Bild 5-5: Häufigkeit höherer Windgeschwindigkeiten (in Anzahl Tage pro Monat)**



**Bild 5-6: Jahresgang der mittleren Windrichtung (in Grad)**

Die wichtigsten Ergebnisse:

Die "Saison" in Friesland dauert von April bis September, in diesen Monaten gibt es einen deutlichen Anstieg der Sonnenscheindauer pro Tag, einen Rückgang der Niederschlagswahrscheinlichkeit und geringere Wahrscheinlichkeiten für Starkwind ab 6 Bft.

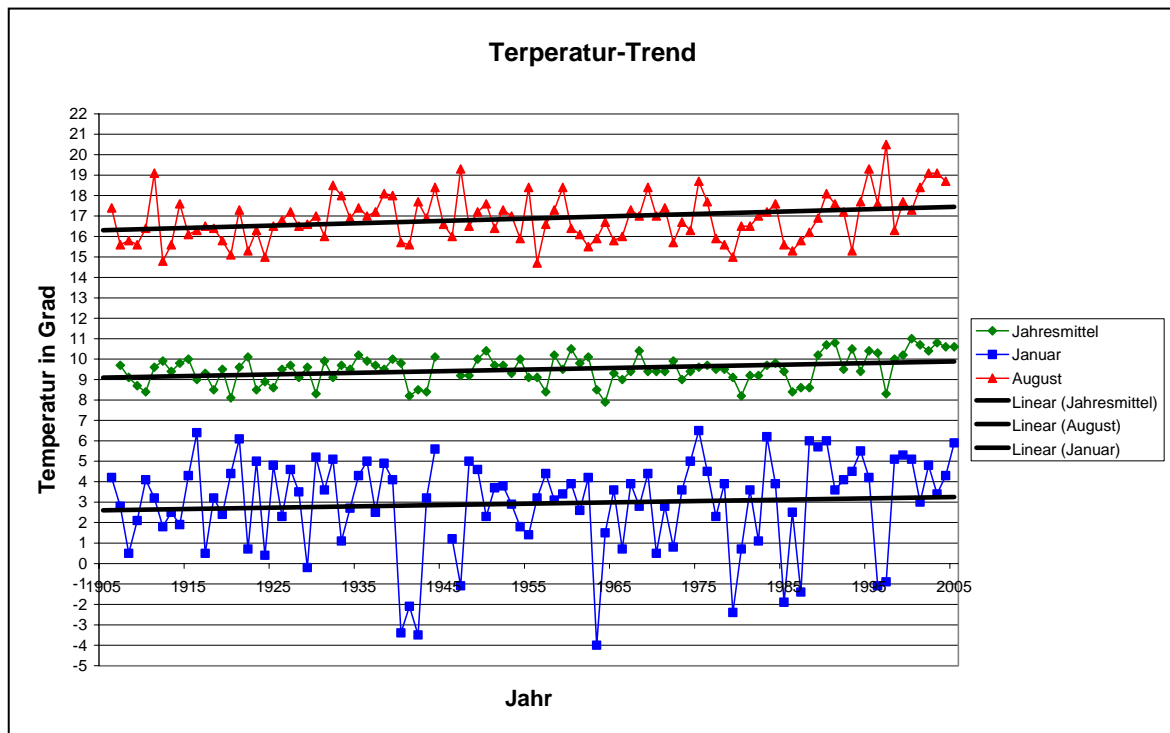
Zwischen Mai und August ist der Tag 15-17 Stunden lang, die mittlere Sonnenscheindauer beträgt rund 7 Stunden pro Tag und es regnet im Mittel weniger als 2 Stunden pro Tag.

Der Wind kommt im Frühsommer häufig aus nördlichen und nordwestlichen Richtungen, im Sommer aus westlichen und im Herbst aus südwestlichen Richtungen mit mittleren Windstärken von 3-4 Bft. Die Wahrscheinlichkeit für Starkwind ab 6 Bft liegt im Sommer unter 4 Tagen pro Monat. Sturm ab 8 Bft gibt es im Mittel einmal pro Jahr im Januar.

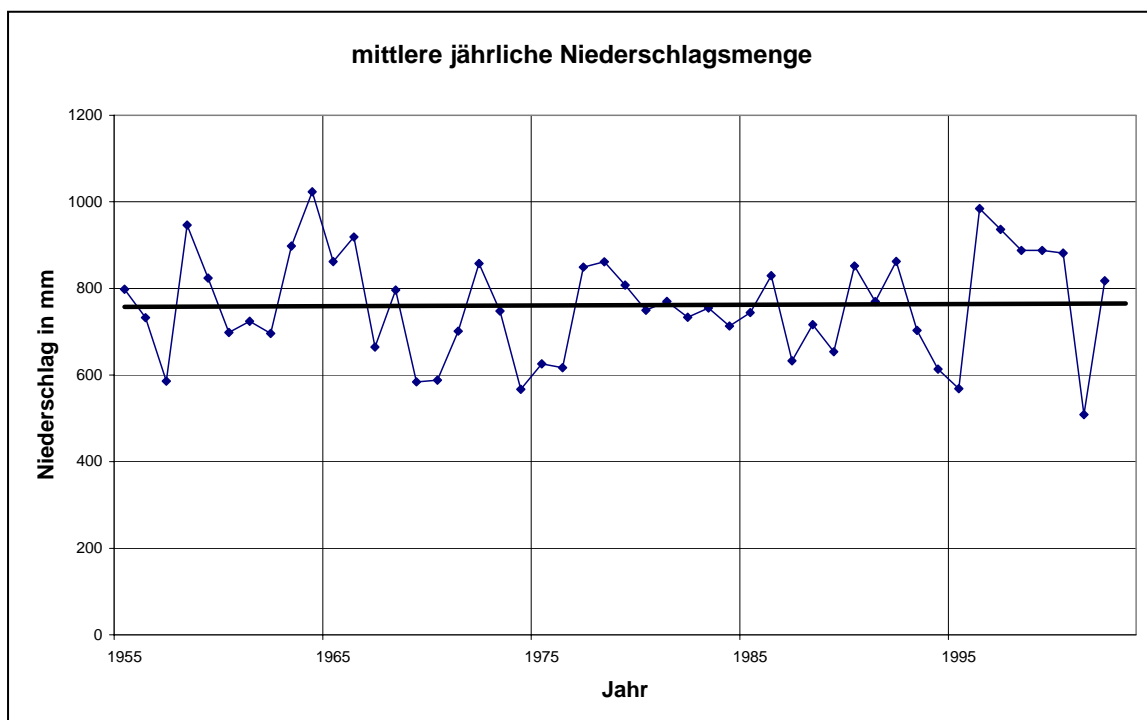
Der wärmste Monat ist der August mit mittleren Tageshöchsttemperaturen um 21 Grad, der kälteste Monat ist der Januar mit Tageshöchsttemperaturen um 4 Grad. Nachtfrost mit Werten knapp unter Null gibt es typischerweise im Januar und Februar.



## 5.2 Meteorologische Trends im 20. Jahrhundert



**Bild 5-7: Mittlere Temperaturen 1905 - 2005: Januar, August und Jahresdurchschnitt mit Trendlinien**



**Bild 5-8: Mittlere jährliche Niederschlagsmenge 1957 - 2005 mit Trendlinie**

Die Temperaturdaten des KNMI (Station Den Helder, Nord-Holland) zeigen für den

Zeitraum 1905 - 2005

einen deutlichen Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um rund 1 Grad pro Jahrhundert.

Die mittlere Sommertemperatur (für August) ist dabei leicht überproportional um ca. 1,4 Grad pro Jahrhundert gestiegen, die Wintertemperatur (für Januar) etwas weniger um ca. 0,6 Grad pro Jahrhundert.

Es sieht so aus, als würden die zukünftigen Sommer im Norden der Niederlande im Mittel wärmer.

Die Niederschlags-Statistik für die gleiche Station umfasst den Zeitraum 1957 - 2005.

Die Trendlinie gibt keine Hinweise auf systematische Veränderungen der jährlichen Niederschlagsmenge in den vergangenen 50 Jahren.

Zur Erinnerung:

Nach den offiziellen langfristigen Prognosen für Friesland (s. Kap. 3.8) wird bis 2100 mit einem Anstieg

der Lufttemperatur um ca. 2 Grad,

der Niederschlagsmenge um ca. 20%

gerechnet.

## 6 Quellen

### Literatur und Printmedien:

ANWB, Wateralmanak 1, ANWB bv, Den Haag, 2003

ANWB, Wateralmanak 2, ANWB bv, Den Haag, 2004

ANWB-VVV-waterkaarten Nederland:

A Groningen / Drenthe

B Friesland

C Noordwest-Overijssel

E Randmeeren en Flevoland

Buisman, J., onder redactie van A.F.V. van Engelen, KNMI: Duizend jaar weer, wind en water in den Lage Landen, uitgeverij Van Wijnen - Franeker, 1995, ISBN 90-5194-136-6

Bundesamt für Statistik Schweiz: Umweltstatistik Nr. 7 Klima

Duismann, Gerhard H.: Wasserbau, Didaktik der Technik, Universität Hamburg, 2000

Kaarten en stroomatlassen van de Dienst der Hydrografie van de Koninklijke Marine:

1811 (Waddenzee west),

1812 (Waddenzee oost),

HP33 (Getijgegevens)

Lingen Lexikon, Verlag F.A. Brockhaus, Wiesbaden, 1974

Mol, J.A.: Bemiddelaars voor het hiernamaals - kloosterlingen in middeleeuws Frisia, in Knol, Hermans, Driebergen: Hel en hemel, Groningen, 2001

Mol, J.A.: Prämonstratenser in Friesland und Westfalen, Symposium Clarholz und die Niederlande, Clarholz, 1999

Nauticring Vaarkaart Nederland ISBN 90-6410-306-2

Parry, M. L. (ed.): Assessment of potential effects and adaptations for Climate change impacts in Europe, ACACIA project, 2000

Provincie Fryslan, Gezamenlijke waterschappen Fryslan: Verkenning van berging en afvoer van water in Fyslan, 2002

Schubert, Jonathan: Klima-Entwicklung, Jahresarbeit Rudolf Steiner Schule Hagen, 2003

Schönwiese, Christian-Dietrich: Klima im Wandel, Tatsachen, Irrtümer, Risiken; Deutsche-Verlags-Anstalt GmbH, 1992

Vellinga, Pier: Klimaatverandering en de veiligheid van Nederland, Erasmus Lezing 2003, Zeist, 2003, ISSN 1384-5934

**Internet:**

[avn.geog.uu.nl/](http://avn.geog.uu.nl/)

[de.wikipedia.org/wiki/](http://de.wikipedia.org/wiki/)

[encyclopedia.thefreedictionary.com/Austrasia/](http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Austrasia/)

[flagspot.net/flags/nl\(.html](http://flagspot.net/flags/nl(.html)

[mediatheek.thinkquest.nl/](http://mediatheek.thinkquest.nl/)

[members.home.nl/hans.stoop/DE%20OOSTHOEK.%20ARMOEDE%20ALS%20LOTGENOOT.htm](http://members.home.nl/hans.stoop/DE%20OOSTHOEK.%20ARMOEDE%20ALS%20LOTGENOOT.htm)

[nl.wikipedia.org/wiki/](http://nl.wikipedia.org/wiki/)

[sheba.geo.vu.nl/feldbiss/](http://sheba.geo.vu.nl/feldbiss/)

[statline.cbs.nl/StatWeb/](http://statline.cbs.nl/StatWeb/)

[web.inter.nl.net/](http://web.inter.nl.net/)

[www.agu.org/revgeophys/dougla01/dougla01.html](http://www.agu.org/revgeophys/dougla01/dougla01.html)

[www.allesopeenrij.nl](http://www.allesopeenrij.nl)

[www.bautz.de/bbkl/](http://www.bautz.de/bbkl/)

[www.blokhuispoort.nl](http://www.blokhuispoort.nl)

[www.bolsward.nl/](http://www.bolsward.nl/)

[www.calsky.com/lexikon/de/txt/](http://www.calsky.com/lexikon/de/txt/)

[www.cultuurwijs.nl](http://www.cultuurwijs.nl)

[www.delta2003.nl](http://www.delta2003.nl)

[www.dongeradeel.nl/](http://www.dongeradeel.nl/)

[www.dpf.nl/](http://www.dpf.nl/)

[www.dsg.ch/](http://www.dsg.ch/)

[www.fa.knaw.nl/](http://www.fa.knaw.nl/)

[www.friesarchiefnet.nl](http://www.friesarchiefnet.nl)

[www.friesewaterschappen.nl/](http://www.friesewaterschappen.nl/)

[www.fryslan.nl/binfo/chk/inhoud/startchk.htm](http://www.fryslan.nl/binfo/chk/inhoud/startchk.htm)

[www.geschichte.schleswig-holstein.de/](http://www.geschichte.schleswig-holstein.de/)

[www.groningerarchiefnet.nl](http://www.groningerarchiefnet.nl)

---

[www.grunn.nl/](http://www.grunn.nl/)  
[www.hamburg.de/](http://www.hamburg.de/)  
[www.heiligenlexikon.de/](http://www.heiligenlexikon.de/)  
[www.hindeloopen.com/](http://www.hindeloopen.com/)  
[www.historischcentrumoverijssel.nl/](http://www.historischcentrumoverijssel.nl/)  
[www.hkv.nl/cdFriesland/](http://www.hkv.nl/cdFriesland/)  
[www.iec.nhl.nl/](http://www.iec.nhl.nl/)  
[www.keesn.nl/lex/](http://www.keesn.nl/lex/)  
[www.knmi.nl/](http://www.knmi.nl/)  
[www.kustopdekaart.nl/](http://www.kustopdekaart.nl/)  
[www.leeuwarder-courant.nl/](http://www.leeuwarder-courant.nl/)  
[www.landenweb.com/](http://www landenweb.com/)  
[www.mittelalter-genealogie.de/](http://www.mittelalter-genealogie.de/)  
[www.natuurinformatie.nl/](http://www.natuurinformatie.nl/)  
[www.ncdc.noaa.gov/](http://www.ncdc.noaa.gov/)  
[www.nieuwehavenharlingen.nl/](http://www.nieuwehavenharlingen.nl/)  
[www.nordenham.de/stadt/](http://www.nordenham.de/stadt/)  
[www.ostfriesland-brookmerland.de/Persoenlichkeiten/persoenlichkeiten.html](http://www.ostfriesland-brookmerland.de/Persoenlichkeiten/persoenlichkeiten.html)  
[www.rkkerk.net/](http://www.rkkerk.net/)  
[www.ru.nl/ahc/vg/](http://www.ru.nl/ahc/vg/)  
[www.schokland.nl/](http://www.schokland.nl/)  
[www.sloten.nl/](http://www.sloten.nl/)  
[www.statistik.admin.ch/stat\\_ch/ber02/klima\\_d.pdf](http://www.statistik.admin.ch/stat_ch/ber02/klima_d.pdf)  
[www.stavoren.nl/](http://www.stavoren.nl/)  
[www.stellingwerven.dds.nl/](http://www.stellingwerven.dds.nl/)  
[www.uni-muenster.de/HausDerNiederlande/](http://www.uni-muenster.de/HausDerNiederlande/)  
[www.tax.org/Museum](http://www.tax.org/Museum)  
[www.tresoar.nl/vanderaa/](http://www.tresoar.nl/vanderaa/)  
[www.vaartips.nl/](http://www.vaartips.nl/)  
[www.varkevisser.org/kaarten/](http://www.varkevisser.org/kaarten/)  
[www.veenkoloniaalmuseum.nl/veenkolonien.htm](http://www.veenkoloniaalmuseum.nl/veenkolonien.htm)

[www.vikingnet.de/](http://www.vikingnet.de/)  
[www.vlaggen.nl/provincievlaggen/](http://www.vlaggen.nl/provincievlaggen/)  
[www.waddenzee.nl/](http://www.waddenzee.nl/)  
[www.waterstaatsgeschiedenis.nl](http://www.waterstaatsgeschiedenis.nl)  
[www.wissensnetz.de/lexikon/](http://www.wissensnetz.de/lexikon/)  
[www.workum.nl/](http://www.workum.nl/)  
[www.wunseradiel.nl/](http://www.wunseradiel.nl/)  
[www.zijpermuseum.nl/](http://www.zijpermuseum.nl/)  
[www.zum.de/whkmla/](http://www.zum.de/whkmla/)

## 7 **Abbildungsverzeichnis**

Bild 2-1:	Die niederländische Provinz Friesland	5
Bild 2-2:	Wasserwegenetz in Friesland / NL	6
Bild 2-3:	Flächennutzung Friesland - Nutzungsarten prozentual	10
Bild 2-4:	Flächennutzung Friesland - geographische Verteilung	11
Bild 3-1:	Veränderung der Lufttemperatur in den letzten 10.000 Jahren	13
Bild 3-2:	Häufigkeit schwerer Sturmfluten an der Nordseeküste in den letzten 2000 Jahren	17
Bild 3-3:	Schematischer Zusammenhang von steigendem Meeresspiegel, Bodenabsenkung und Entwässerungsverfahren	19
Bild 3-4:	Voraussichtliche Veränderung der Niederschläge in Europa bis 2100 (ACACIA-Prognose)	24
Bild 4-1:	Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 5.500 v. Chr.	25
Bild 4-2:	Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 3.000 v. Chr.	26
Bild 4-3:	Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 100 n. Chr.	27
Bild 4-4:	Küstenlinien von Friesland und Umgebung um 800 n. Chr.	28
Bild 4-5:	Gewinn und Verlust von Land zwischen 800 und 1850	30

---

Bild 4-6:	Küstenlinien und Geomorphologie von Friesland und Umgebung heute	32
Bild 5-1:	Jahresgang der mittleren Temperaturen (in Grad Celsius)	37
Bild 5-2:	Jahresgang der mittleren Dauer von Sonne und Regen (in Stunden pro Monat)	38
Bild 5-3:	Jahresgang der Tageslänge und der mittleren Dauer von Sonne und Regen (in Stunden pro Tag)	38
Bild 5-4:	Jahresgang der mittleren Windgeschwindigkeit (in m/s und Bft)	39
Bild 5-5:	Häufigkeit höherer Windgeschwindigkeiten (in Anzahl Tage pro Monat)	39
Bild 5-6:	Jahresgang der mittleren Windrichtung (in Grad)	40
Bild 5-7:	Mittlere Temperaturen 1905 - 2005: Januar, August und Jahresdurchschnitt mit Trendlinien	41
Bild 5-8:	Mittlere jährliche Niederschlagsmenge 1957 - 2005 mit Trendlinie	41

## **8 Haftungsausschluss und Kontakt**

Irren ist menschlich, daher muss folgendes gesagt werden:

Die in diesem Arbeitsbericht dargestellten Daten und Informationen wurden mit größter Sorgfalt erhoben, analysiert und ausgewertet. Dennoch ist es möglich, dass bei den Recherchen, Interpretationen oder beim Schreiben Fehler gemacht worden sind.

Der Autor übernimmt die volle inhaltliche Verantwortung für diese Untersuchung, muss aber jeden Haftungsanspruch aus Schäden, die möglicherweise durch die Verwendung der Informationen aus dieser Studie entstehen, ablehnen.

Bei Hinweisen und Fragen zum Inhalt dieser Untersuchung bitten wir um formlose Kontaktaufnahme (Adresse siehe Impressum).