

KLIMAWANDEL

➤ GLOBAL
UND
LOKAL



➤ Mit zahlreichen Beispielen, Folien und Arbeitsblättern zur **Emscher-Lippe-Region!**

Plus: Hinweise auf die jeweils geförderten Kompetenzen bei den Arbeitsblättern



KAPITEL 1

Wetter und Klima

Was sind Wetter und Klima?

Wetter	
Witterung	
Klima	
Wetter- und Klimadaten	02

Das Wetter vorhersagen

Wettervorhersage	
Wetterkarte	
Tiefdruckgebiet	
Hochdruckgebiet	06

Wie entsteht das globale Klima der Erde?

Strahlungsbilanz/-haushalt der Erde	
Natürlicher Treibhauseffekt	
Klimasystem	
Kohlenstoffkreislauf	08

Die Klimazonen der Erde

Klimazonen	
Klimatypen	15

Die lange Geschichte unseres Klimas

Präkambrium	
Erdaltertum	
Erdmittelalter	
Erdneuzeit	18

Wie funktioniert Klimaforschung?

Klimatologie	
Paläoklimatologie	
Datenquellen der Paläoklimatologie	21

Was bestimmt das Klima der Emscher-Lippe-Region?

Lokale Klimafaktoren	
Westwindzone	
Nordatlantikstrom	
Geländeform	23

ARBEITSBLÄTTER	1.1.1	Wie werden Wetterdaten gesammelt? (Jahrgangsstufe 5–7)	26
	1.1.2	Wie werden Wetterdaten gesammelt? (Jahrgangsstufe 8–10)	27
	1.2	Das Klima in deiner Region	28
	1.3	Wetterdaten und Wettervorhersage	30
	1.4	Meine eigene Wettervorhersage	31
	1.5	Wachstumsbedingungen für Pflanzen prüfen	32
	1.6	Wohin der Wind weht – die Corioliskraft	34



FOLIEN	1.1	Klimaelemente und ihre Messungen	35
	1.2	Niederschlagsstationen der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands	36
	1.3	Regenbeobachtung in der Emscher-Lippe-Region	37
	1.4	Eisbohrkern	38



KAPITEL 2

Das Klima wandelt sich weltweit

Der Klimawandel

Klimaänderungen	
Globale Erwärmung	
Meeresspiegelanstieg	
Verminderung der schnee- und eisbedeckten Fläche	
Starkregen	40

Der Mensch als Klimafaktor

Treibhausgase	
Industrialisierung	
Fossile Energieträger	
Anthropogener Treibhauseffekt	42

Der Weltklimarat

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change	
Arbeitsweise des Weltklimarats	
Aktueller Stand der Klimaforschung	45

Was sind Klimamodelle und -szenarien?

Klimamodelle	
Klimaszenarien	
Klimaprojektionen	46

Die globalen Folgen des Klimawandels

Weitere Temperaturzunahme	
Mehr Niederschlag	
Häufung von Wetterextremen	
Landwirtschaft und Ernährung	
Rückgang des Eises	
Veränderung in der Tier- und Pflanzenwelt	
Ausbreitung von Krankheiten	
Anstieg des Meeresspiegels	49

Gewinner und Verlierer – ein Vergleich nach Erdteilen

Klimaprojektionen für Europa, Asien, Afrika, Australien und Neuseeland, Amerika und die Polarregionen	
Klimagerechtigkeit	
Verursacher	
Betroffene	53

ARBEITSBLÄTTER	2.1	Treibhausgase – wo sie entstehen	57
	2.2	Wenn das Eis schmilzt ...	58
	2.3	Planspiel: Klimaszenario für Nordrhein-Westfalen und die Emscher-Lippe-Region	61
	2.4	Streitobjekt Klimawandel – Pro und Kontra	62
	2.5	Wird das Meerwasser durch die Klimaänderung »sauer«?	63
	2.6	Der Kohlenstoffdioxidausstoß – ein Ländervergleich	64



FOLIEN	2.1	Veränderungen von Temperatur, Meeresspiegel und Schneebedeckung seit 1850 / Veränderung der nordhemisphärischen Schneebedeckung	65
	2.2	Temperatur Nordrhein-Westfalen seit 1890	66
	2.3	Klimaszenario Niederschläge Nordrhein-Westfalen	67
	2.4	Ländervergleich Kohlenstoffdioxidemissionen	68



KAPITEL 3

Ist der Klimawandel noch zu stoppen?

Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

Mitigation	
Adaptation	70

Internationale und europäische Klimapolitik

Klimarahmenkonvention	
Kyoto-Protokoll	
UN-Klimakonferenz in Kopenhagen	
Europäisches Programm für den Klimaschutz	72

Deutsche Klimapolitik

Ziel der Deutschen Anpassungsstrategie	
Handlungsfelder	
Beispiel Wasserwirtschaft	75

Klimaschutzmaßnahmen

Emissionsrechtehandel	
Erneuerbare Energien	
Energieeinsparungen und -optimierungen	79

Anpassungsstrategien – drei Beispiele

Meeresspiegelanstieg (Niederlande, Bangladesch)	
Klimaveränderungen in den Alpen	
Flucht vor der Wärme (Tuvalu)	84

ARBEITSBLÄTTER	3.1	Klimaschutz oder Anpassung an den Wandel?	89	
	3.2	Kyoto-Protokoll	90	
	3.3	Alternative Energien	91	

FOLIE	3.1	Maßnahmen und Projekte der Eigenenergieerzeugung bei Emschergenossenschaft und Lippeverband	92	
-------	-----	--	----	---

KAPITEL 4

Klimawandel – was tun wir in der Region?

Klimawandel in Nordrhein-Westfalen und in der Emscher-Lippe-Region

Zukünftiges Klima in Nordrhein-Westfalen	
Klimawandel in der Emscher-Lippe-Region	
Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen	94

Die Folgen des Klimawandels in unserer Region

Landwirtschaft und Boden	
Biologische Vielfalt und Artenschutz	
Wasserwirtschaft	
Tourismus und Gesundheit	99

Flussmanagement pur – Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in der Emscher-Lippe-Region

Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung	
Hochwasserschutz im Rahmen des Emscher-Umbaus und des Lippeauenprogramms	
Aktuelle Forschung	110

ARBEITSBLÄTTER	4.1	»Emscher-Orchidee«	120
	4.2	Biologische Vielfalt (Biodiversität) und Naturschutz	122
	4.3	Amphibienwanderung	124
	4.4	Die Birke als Bioindikator für den Klimawandel	128
	4.5	Pflanzen reagieren auf Ozon	132
	4.6	Selbst gebastelte Klimadrehzscheibe	134
	4.7	Hochwasser braucht einfach Platz!	140



FOLIEN	4.1	Temperaturzunahme in Nordrhein-Westfalen 2031–2060	141
	4.2	Veränderung Monatstemperaturen und -niederschläge Rheintal, Westfälische Bucht, Eifel, Sauerland	142
	4.3	Kenntage am Beispiel Westfälische Bucht	143
	4.4	Klimagewinner, Klimaverlierer	144
	4.5	Blütezeitpunkt verschiedener Sträucher	145
	4.6	Hitzeinseln in Nordrhein-Westfalen	146
	4.7	Dezentrales Regenwassermanagement	147
	4.8	Hochwasserschutz an der Emscher	148
	4.9	Begradigte Emscher versus renaturiertes Flusstück	149
	4.10	Hochwasser im Gelände: Pöppinghauser Bogen	150
	4.11	Hochwasser im Gelände: Pöppinghauser Bogen – Planung	151
	4.12	Hochwasserrückhaltebecken Dortmund-Mengede/Castrop-Rauxel-Ickern	152



KAPITEL 5

Was kann der Einzelne tun?

Klimawandel geht uns alle an	154
-------------------------------------	------------

ARBEITSBLÄTTER	5.1	Mobilität und Klimawandel – was heißt das für mich im Alltag?	155
	5.2	Meine persönliche Kohlenstoffdioxidbilanz	157
	5.3	Mein Kohlenstoffdioxidplan	159
	5.4	Projektanregung: Regen auf richtigen Wegen	161
	5.5	Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule	164



Anhang

Emschergenossenschaft und Lippeverband – ein Kurzporträt	170
Außerschulische Aktivitäten mit Emschergenossenschaft und Lippeverband	171
Ausbildungsmöglichkeiten bei Emschergenossenschaft und Lippeverband	174
Medienauswahl	175
Glossar	176
Zuordnung der prozessbezogenen Kompetenzen in den Arbeitsblättern	183
Abbildungs-, Grafik- und Literaturverzeichnis	193
Impressum	203

Wetter und Klima

1

- › Was sind Wetter und Klima? | 02
- › Das Wetter vorhersagen | 06
- › Wie entsteht das globale Klima der Erde? | 08
- › Die Klimazonen der Erde | 15
- › Die lange Geschichte unseres Klimas | 18
- › Wie funktioniert Klimaforschung? | 21
- › Was bestimmt das Klima der Emscher-Lippe-Region? | 23



Abbildung 02

Was sind Wetter und Klima?

2003 – Jahrhundertsommer in Deutschland ... 2005 war weltweit das wärmste Jahr, seit wir die globale Temperatur bestimmen können ... Man sagt oft, das Wetter spielt neuerdings verrückt – aber wann genau sprechen wir eigentlich von Wetter und wann von Klima?

- > Wetter
- > Witterung
- > Klima
- > Wetter- und Klimadaten

A 1.1
1.2

F 1.1
1.2

Wenn wir morgens aus dem Fenster schauen und in den Himmel gucken, entscheiden wir uns aufgrund des aktuellen Wetters den Regenschirm mitzunehmen oder die Sonnenbrille aufzusetzen. Ob wir unsere Häuser mit Heizungen ausrüsten und im Garten Bananen oder Äpfel anpflanzen, ist dagegen nicht eine Frage des Wetters, sondern des Klimas.

Wissenschaftlich formuliert ist das Wetter der stets wechselnde Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt. Das kurzzeitige Zusammenwirken von Lufttemperatur, -druck, -feuchtigkeit, Niederschlag, Bewölkung und Wind nehmen wir als Wetter wahr. Es kann sich mehrmals täglich ändern. Wer erinnert sich nicht an einen Tag, an dem er bei strahlendem Sonnenschein das Haus verlassen hat – natürlich ohne Schirm – und nachmittags durch den strömenden Regen laufen musste?

Der über einen Zeitraum von einigen Tagen beobachtete Wetterablauf heißt dann Witterung.

Als Klima bezeichnet man schließlich den typischen Verlauf des Wetters an einem Ort über einen längeren Zeitraum hinweg. Das Klima beschreibt also das Durchschnittswetter eines Orts. Dafür werden die durchschnittlichen Werte von Temperatur, Niederschlag, Wind et cetera – soweit möglich – über eine Zeitspanne von bis zu Tausenden von Jahren ermittelt. Um weltweit eine Vergleichbarkeit dieser klimatologischen Daten zu gewährleisten, hat die Meteorologie definierte Bezugszeiträume von 30 Jahren festgelegt (1901 bis 1930, 1931 bis 1960, 1961 bis 1990 und so weiter).

Abhängig davon, welchen Raum wir nun betrachten, gibt es noch die Unterscheidung in Mikro-, Meso- und Makroklima:

- Das Mikroklima beschränkt sich auf kleinste Flächen – beispielsweise auf eine Wiese oder einen Wald.
- Das Mesoklima bezieht sich auf größere Gebiete und Landschaften wie eine Stadt oder den Regenwald.
- Das Makroklima erfasst kontinentale und globale Zusammenhänge und wird daher auch Global-klima genannt.

Wetter und Klima im Vergleich

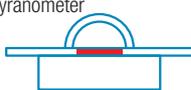
Wetter	Klima
Kurzfristig wechselnd	Langfristig stabil
Lokal	Lokal (Mikroklima) – global (Globalklima)
Zeitlich eng begrenzt (Momentaufnahme)	Durchschnittswerte, Klimaperioden (30-Jahre-Zyklus)

Grafik 01



Abbildung 03

Die Klimatelemente und ihre Messung

Klimatelemente	Messinstrumente	Beispiel	Einheit	Details
Temperatur	Thermometer	Flüssigkeitsthermometer 	Grad Celsius (°C) Kelvin (K) · 0 °C = 273	Gefrierpunkt von Wasser = 0 °C Siedepunkt von Wasser = 100 °C Temperaturbereich Erde –70 bis +50 °C
Sonnenstrahlung Intensität Dauer	Pyranometer Pyrheliometer	Pyranometer 	Watt pro Quadratmeter (W/m²) Sonnenscheindauer in Stunden	Der Strahlungsengang auf der Erdoberfläche beträgt im Schnitt 198 W/m².
Luftdruck	Barometer	Dosenbarometer 	Hektopascal (hPa)	Druckbereich auf Meeresniveau: 940 – 1 040 hPa Durchschnitt: 1 013 hPa
Wind	Anemometer (Geschwindigkeit) Windfahne (Richtung)	Schalenkreuzanemometer 	Meter pro Sekunde (m/s) (gemessen in 10 m Höhe)	0 km/h = windstill 120 km/h = Orkan Wirbelstürme über 300 km/h
Bewölkung	Beobachter Kamera Satellit		Bedeckungsgrad in 1/8-Stufen oder beschreibend (sonnig, wolkig ...)	0/8 = wolkenlos 8/8 = bedeckt
Luftfeuchte	Hygrometer Psychrometer	Hygrograph 	Prozent (%)	0% = trocken · 100% = Nebel
Niederschlag	Regenmesser	Regenmesser 	Millimeter pro Quadratmeter (mm/m²) 1 mm/m² = 1 l/m²	Jahresmittel: Berlin: 581 mm Kairo: 26 mm Java: 4 117 mm

Grafik 02

Wetter- und Klimadaten messen und berechnen

Wetter und Klima werden durch messbare Größen, sogenannte meteorologische Elemente, beschrieben. Meteorologie kommt aus dem Griechischen und bezeichnet die Lehre vom Wetter. Zu den wichtigsten meteorologischen Elementen zählen: Temperatur, Windstärke und -richtung, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Bewölkungsgrad, Art, Dauer und Intensität des Niederschlags sowie der Luftdruck. Unter Luftdruck versteht man das Gewicht der Luftsäule, die auf einem bestimmten Ort lastet. All diese Elemente werden weltweit in Messstationen oder per Satellit erfasst.

Wetterstationen und Wetterwarten in Deutschland

In Deutschland ist die Sammlung von meteorologischen Daten Aufgabe des Deutschen Wetterdiensts (DWD). Dafür steht dem DWD ein Mess- und Beobachtungsnetz zur Verfügung, das zurzeit aus 183 Wetterwarten und -stationen besteht. Wetterwarten sind mit Personal besetzt, Wetterstationen werden vollautomatisch betrieben. Hier erfassen Sensoren die Daten. Ihre Weiterleitung an eine Basisstation, in der die Auswertung dann stattfindet, erfolgt per Funk oder Kabel. Ergänzt wird dieses Mess- und Beobachtungsnetz noch durch über 1 800 nebenamtliche Wetter- und Niederschlagsstationen. Darüber hinaus bieten private Wetterdienstleister ebenfalls zahlreiche Angebote rund um das Wetter an.



Abbildung 04

Exkurs: Auch Pflanzen geben Auskunft

Der DWD greift bei seiner Datengewinnung nicht nur auf meteorologische Elemente zurück: Mehr als 1200 überwiegend ehrenamtlich betriebene phänologische Beobachtungsstellen liefern ebenfalls ihre Informationen an den Deutschen Wetterdienst. Was wird da beobachtet? Die Phänologie untersucht das Eintreten bestimmter pflanzlicher oder tierischer Entwicklungsstadien im Jahresablauf. Also beispielsweise die Sichtung des ersten Schmetterlings oder den Beginn der Apfelblüte. Anhand dieser charakteristischen Ereignisse kann man im Zeitverlauf Rückschlüsse auf die Entwicklung des Klimas ziehen. So lässt sich für das 20. Jahrhundert bereits feststellen, dass der Frühling immer früher eintritt.

Regionale Datenerfassung

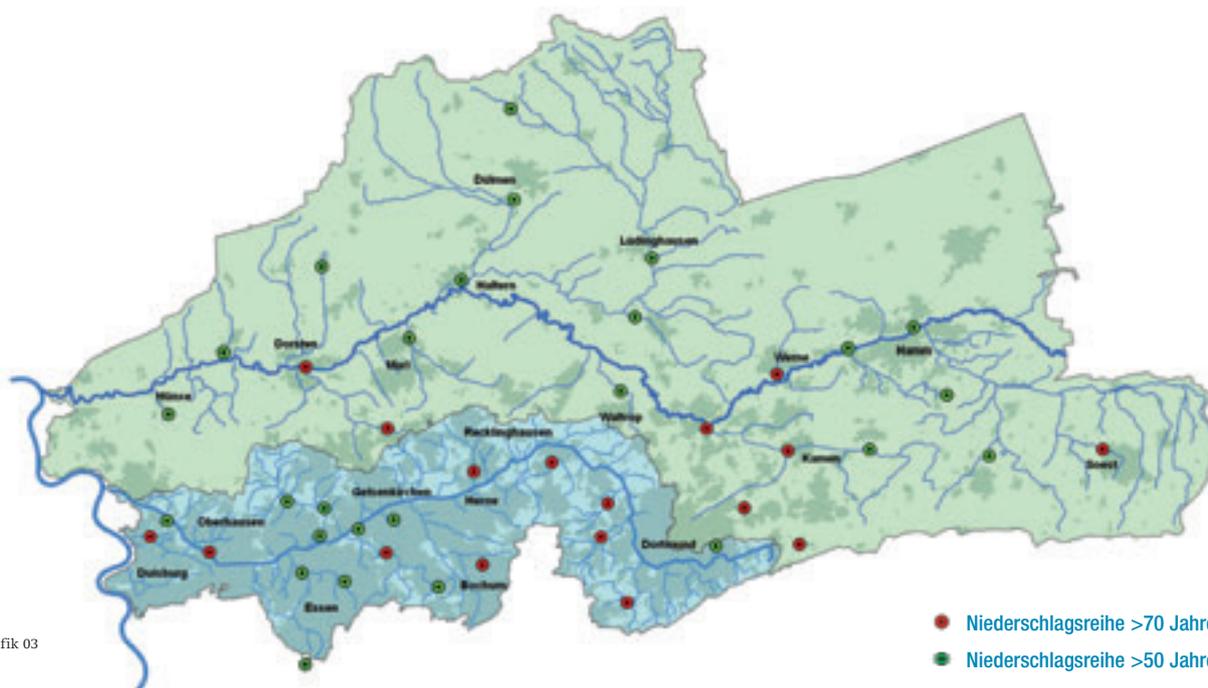
Zurück zur Wetterbeobachtung. Neben den bundesweiten Einrichtungen zur Erfassung des aktuellen Wetters gibt es auch viele regionale Messnetze. Für die Emscher-Lippe-Region betreiben zum Beispiel die Emschergenossenschaft und der Lippeverband ein Niederschlagsmessnetz mit zurzeit 72 Stationen. In 16 Stationen werden die Niederschläge hier bereits seit über 70 Jahren regelmäßig ermittelt.



Abbildung 05

Niederschlagsstationen der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands

Niederschlagsstationen mit Zeitreihen über 50 Jahre



Grafik 03

Weitere Möglichkeiten der Messung

Nicht nur Wetterstationen und Wetterwarten werden zur meteorologischen Datengewinnung genutzt, auch andere Formen der Messung kommen zum Einsatz: So steigen weltweit etwa 700 Wetterballons jeden Tag am Mittag und um Mitternacht auf, messen Temperatur, Luftdruck und Feuchtigkeit in großer Höhe und senden ihre Daten an die Basisstationen. Die Wetterballons können dabei eine Höhe von über 30 Kilometern erreichen, bevor sie platzen und die Messgeräte mit einem Fallschirm zum Boden zurückkehren.

Nicht überall ist es möglich, die Wetterelemente durch Messstationen zu erfassen – beispielsweise in Ozeanen, Regenwäldern oder hohen Gebirgen. Hier werden die Werte per Wettersatellit gemessen. Die Satelliten umkreisen die Erde und senden regelmäßig ihre Daten über das Wettergeschehen an die Wetterstationen. Für die Messung der großen Wasserkreisläufe der Meere kommen neben den Satelliten auch schwimmende Messsonden und Wetterstationen auf Schiffen zum Einsatz. Treibsonden im Meer sammeln Werte von Temperatur, Salzgehalt und Strömung in der Tiefe und funken die Daten zu einem Satelliten, der sie zu den Basisstationen auf dem Festland weiterleitet.

Mithilfe des Internets kann man ganz einfach Klimadiagramme einzelner Städte erstellen, zum Beispiel unter www.climatediagrams.com

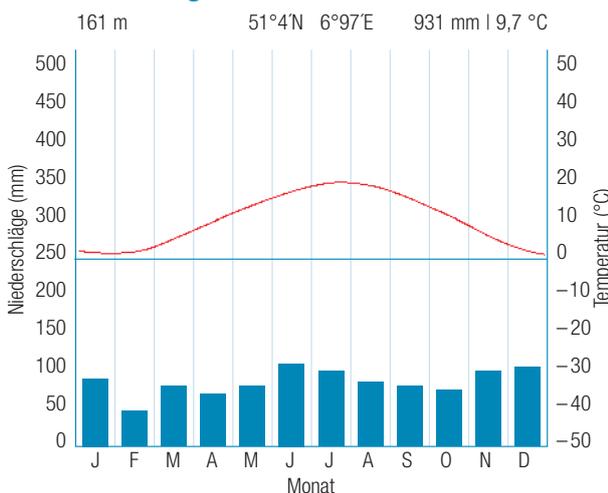
Alle weltweit von den Messstationen und Satelliten gelieferten meteorologischen Daten werden gesammelt und statistisch ausgewertet. Durch das dichte Netz an Wetterstationen sind die daraus abgeleiteten Vorhersagen schon recht präzise: Besonders für großräumige Wetterlagen ist heute eine Prognose von bis zu sieben Tagen möglich.

Ein weiterer Nutzen dieser statistischen Auswertungen ist die Erstellung von Klimadiagrammen. Sie zeigen Temperatur und Niederschlag im Jahresverlauf für einen bestimmten Ort. Dafür werden über längere Zeiträume die Mittelwerte der beiden Größen errechnet.

Das Wichtigste in Kürze

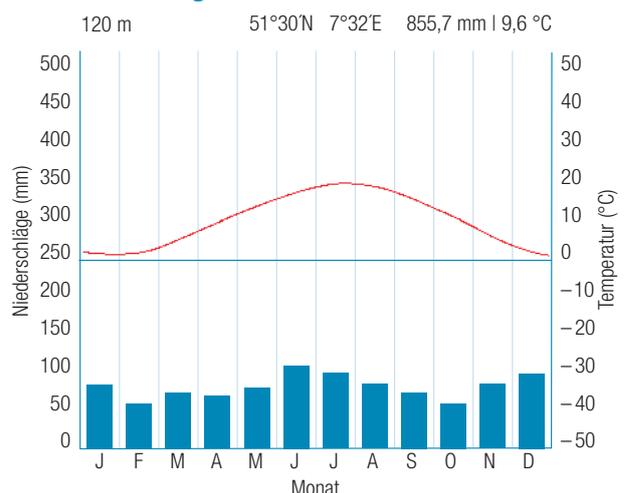
- Das Wetter ist der stets wechselnde Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt.
- Als Klima bezeichnet man den typischen Verlauf des Wetters an einem Ort über einen längeren Zeitraum hinweg.
- Das Wetter setzt sich aus vielen meteorologischen Elementen zusammen. Sie werden regelmäßig und weltweit gemessen. Diese Messwerte dienen der Wettervorhersage. Aus jahrelangen Messreihen kann man Klimadiagramme für einzelne Orte berechnen.

Klimadiagramm Essen



Grafik 04

Klimadiagramm Dortmund



Das Wetter vorhersagen

Während das Klima über längere Zeit durch die Bildung von Mittelwerten berechnet wird, können wir das Wetter spüren und beobachten – und für kurze Zeiträume von einigen Tagen sogar vorhersagen.

- > Wettervorhersage
- > Wetterkarte
- > Tiefdruckgebiet
- > Hochdruckgebiet



Wer sich über das aktuelle Wetter oder die Vorhersage für den nächsten Tag informiert, der sieht oft das Bild einer Wetterkarte mit zahlreichen Symbolen und Abkürzungen. Aber was ist auf diesen Karten konkret zu sehen? Zum einen lassen sich die Wetterlagen ablesen, die gerade unser Wetter bestimmen. Ein »T« bezeichnet ein Tiefdruckgebiet, ein »H« eine länger anhaltende Hochdruckzone. Das Tiefdruckgebiet bedeutet in der Regel regnerisches Wetter, ein Hoch steht meist für sonniges Wetter.

Der Luftdruck selbst wird in Wetterkarten durch sogenannte Isobaren veranschaulicht. Isobaren kennzeichnen Orte, an denen der gleiche Luftdruck herrscht (von griechisch »isos« [gleich] und »baros« [Druck]). Sie sind als Linien dargestellt. Das bedeutet also, dass benachbarte Messstationen, an denen der gleiche Luftdruck gemessen wurde, auf der Wetterkarte eine Linie abbilden. Da wir wissen, wie sich Hoch- und Tiefdruckgebiete verhalten, können wir anhand einer Wetterkarte vorhersagen, wie sich das Wetter an einem Ort voraussichtlich in den nächsten Tagen entwickelt.

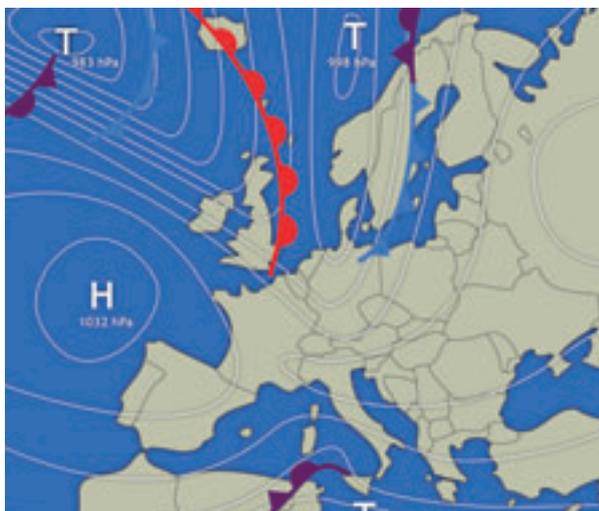


Abbildung 06

Was passiert nun ganz genau? In einer Hochdruckzone sinken kalte Luftmassen großräumig ab. Dabei erhöht sich der bodennahe Luftdruck und die Luft erwärmt sich. Da warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte Luft, sinkt die relative Luftfeuchtigkeit – vorhandene Wolken lösen sich auf und wir bekommen sonniges Wetter. Am Boden strömt nun die Luft aus dem Hochdruckgebiet in Richtung Tiefdruckgebiet hinaus – ähnlich wie Wasser, das vom Berg ins Tal fließt. Das Hochdruckgebiet füllt das Tiefdruckgebiet sozusagen mit Luft auf. Diese Luftbewegung, mit der die Druckunterschiede ausgeglichen werden, spüren wir als Wind.

In einem Tiefdruckgebiet steigt die warme Luft dann nach oben. Der bodennahe Luftdruck sinkt, da das Gewicht der Luftsäule über dem Boden abnimmt. Die warme Luft enthält viel Wasserdampf. Je höher sie steigt, desto kühler wird sie. Kalte Luft kann nicht mehr so viel Wasserdampf aufnehmen – er verwandelt sich in Wassertropfen und diese bilden Wolken. Einen solchen Effekt kennen wir vom Kochen: Bringt man Wasser in einem Topf zum Kochen, bildet sich Dampf. Kühlt der Dampf ab, entstehen Tropfen, die sich am Topfdeckel niederschlagen. Man nennt dies Kondensation. Ein Tiefdruckgebiet verheißt deswegen oft regnerisches Wetter.

Die Veränderung des bodennahen Luftdrucks weist also auf einen bevorstehenden Wetterumschwung hin: Fallender Luftdruck bedeutet meist eine Wetterverschlechterung, steigender Luftdruck in der Regel eine Wetterbesserung.

Wetterkarte mit eingezeichneten
Tief- und Hochdruckgebieten



Grafik 05

Wettervorhersagen für besondere Zwecke

Die Frage, wie sich das Wetter in den kommenden Tagen wahrscheinlich entwickeln wird, ist nicht nur für die private Tagesplanung von Interesse. Auch für viele Wirtschaftszweige ist das Wetter eine wichtige Größe. Denken wir nur an die Landwirtschaft, den Tourismus, die Luftfahrt oder die Schifffahrt. Diese Zielgruppen erhalten daher beispielsweise vom DWD speziell auf sie zugeschnittene Informationen.

Welche wirtschaftliche Bedeutung die Wettervorhersage haben kann, lässt sich in der Emscher-Lippe-Region gut am Beispiel des von Emschergenossenschaft und Lippeverband genutzten Regenradars zeigen: Daten darüber, wo und wie stark es regnet, sind unverzichtbar für den Betrieb von abwassertechnischen Anlagen, bei der Prognose von Wasser-

pegelständen und damit für einen systematischen Hochwasserschutz. Denn wenn in einem Gewässer bereits hohe Wasserstände erreicht sind, können weitere, starke Niederschläge buchstäblich »das Fass zum Überlaufen bringen«. Die von den Unternehmen per Radar betriebene Regenbeobachtung wird online übertragen und erzeugt einmal pro Minute ein neues Bild. So ist die Geschwindigkeit, mit der ein Niederschlagsgebiet seine Position verändert, direkt ablesbar.

Das Wichtigste in Kürze

- Eine Wetterkarte zeigt die aktuelle Wettersituation in einer Region und lässt vorsichtige Vorhersagen über das Wetter der nächsten Tage zu.
- Tiefdruckgebiete bedeuten dabei eher regnerisches Wetter, Hochdruckgebiete stehen meist für sonniges Wetter.

Wie entsteht das globale Klima der Erde?

Als globales Klima oder Makroklima bezeichnen wir das durchschnittliche Klima auf der Erde. Beispielsweise beträgt die mittlere Temperatur auf der Erde 15 Grad Celsius. Regional können die Werte variieren: So haben wir in Deutschland eine durchschnittliche Temperatur von acht Grad Celsius, am Äquator von etwa 25 Grad Celsius und in den polaren Regionen herrschen zum Teil das ganze Jahr über Temperaturen von unter null Grad Celsius. Der Mittelwert aus all diesen regionalen Klimaten bildet das globale Klima.

- > Strahlungsbilanz/
-haushalt der Erde
- > Natürlicher
Treibhauseffekt
- > Klimasystem
- > Kohlenstoffkreis-
lauf

Welche Faktoren beeinflussen das globale Klima? Es wird im Wesentlichen von der Strahlungsbilanz (auch Strahlungshaushalt genannt) der Erde bestimmt: Sie gibt an, wie viel Sonnenstrahlung auf der Erde ankommt und von der Erde als Wärme wieder ins All abgestrahlt wird. Das Klima ist dabei im globalen Mittel das Ergebnis einer einfachen Rechnung: Die von der Erde insgesamt abgestrahlte Wärme muss gleich der absorbierten, das heißt aufgenommenen Sonnenstrahlung sein. Würde mehr Strahlung absorbiert als abgestrahlt, wird es wärmer. Gibt die Erde mehr Wärme ins All ab, als sie Sonnenstrahlung absorbiert, wird es kälter. Mit anderen Worten und als Gleichung formuliert: **auf der Erde ankommende Sonnenstrahlung – reflektierter Anteil = von der Erde abgestrahlte Wärmestrahlung**

Änderungen des Klimas sind also eine Folge von Änderungen in dieser Strahlungsbilanz. Welche Möglichkeiten gibt es hierfür? Drei Größen sind von Bedeutung:

- die ankommende Sonnenstrahlung
- der ins All reflektierte Anteil der Sonnenstrahlung
- die von der Erde abgestrahlte Wärmestrahlung

Diese drei Faktoren wollen wir im Folgenden etwas genauer betrachten.

Die Sonne als Klimamotor

Erst einmal ist entscheidend, wie viel Sonnenstrahlung überhaupt auf der Erde ankommt. Dies hängt von der Aktivität der Sonne selbst, aber auch von der Umlaufbahn der Erde um die Sonne ab. Beide sind nicht immer gleich, sondern unterliegen Schwankungen.

Die Sonne ist der wichtigste Faktor für das Klima auf der Erde: Sie treibt das Klimasystem an. Pro Jahr erhält unsere Erde eine Strahlungsenergie, die fast 10 000 Mal größer ist als der jährliche Energieverbrauch der Menschen. Die eintreffende Sonnenstrahlung wird unterschiedlich verteilt. Sie wechselt – bedingt durch die Neigung der Erdachse – entsprechend den Jahreszeiten und der geografischen Breite: Am Äquator fällt die Sonnenstrahlung das ganze Jahr gleichmäßig steil auf die Erde. Die Pole werden hingegen nur ein halbes Jahr mit Sonne versorgt. Zudem ist der Einstrahlungswinkel dort sehr flach, die bestrahlte Fläche daher größer und die Intensität der Sonnenstrahlung schwächer. Dies führt zu hohen Temperaturen am Äquator und sehr niedrigen Temperaturen an den Polen.

Der Einfluss der Erdoberfläche

Grundsätzlich kann die ankommende Sonnenstrahlung nun von der Erdoberfläche aufgenommen (die Wissenschaftler sagen: absorbiert) oder zurückgeworfen, das heißt reflektiert werden. Bei der Absorption nimmt die Erdoberfläche die kurzwellige Sonnenstrahlung nicht nur auf, sondern wandelt sie in Wärme (langwellige Strahlung) um. Reflektierte Strahlung wird ins All zurückgestrahlt und nicht in Wärme umgewandelt.

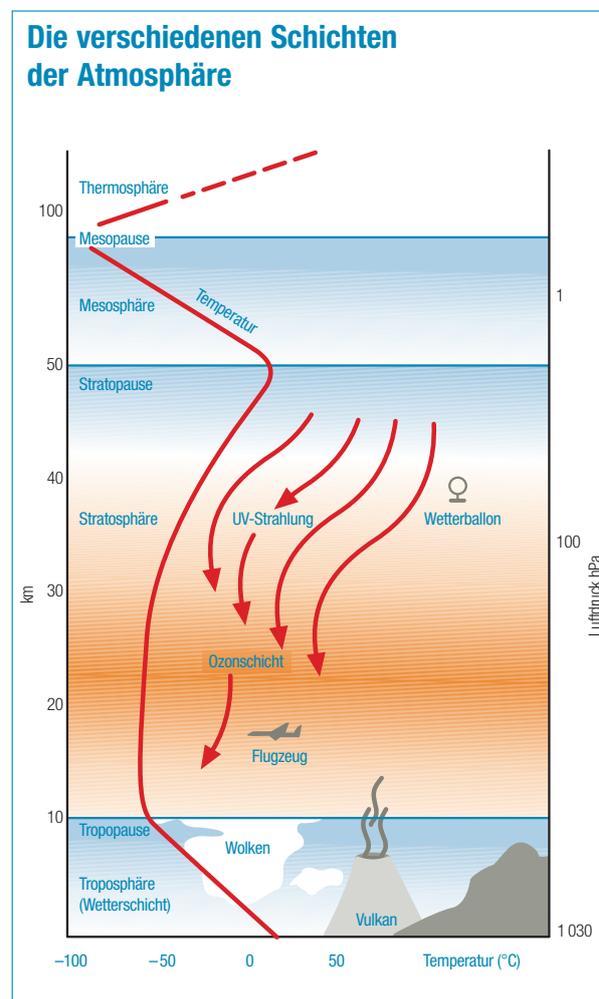
Wovon hängt es nun ab, ob die Erdoberfläche die Sonnenstrahlung eher absorbiert oder reflektiert? Hier spielt die Helligkeit der Oberfläche, auf die sie trifft, eine wesentliche Rolle: Helle Flächen reflektieren, dunkle Flächen absorbieren stärker. Auf die Erde übertragen bedeutet das: Helle Eisflächen beispielsweise werden durch die Sonne weniger erhitzt als dunkle Wasser- und Landflächen. Dieser Effekt lässt sich auch spüren, wenn man im Sommer eine dunkle, sonnenbeschienene Oberfläche anfässt: Sie fühlt sich warm an, weil sie die Strahlung der Sonne aufgenommen und in Wärme umgewandelt hat. Helle Flächen fühlen sich im Vergleich kälter an, da sie einen Großteil der Strahlung reflektiert haben. Die Stärke der Rückstrahlung wird als Albedo bezeichnet. Sie gibt das Verhältnis von einfallender zu reflektierter Strahlung an. Der Begriff leitet sich vom lateinischen Wort »albus« für »weiß« ab. Die Albedo ist abhängig von der Bewölkung und der Helligkeit der Erdoberfläche. Die höchste Albedo haben große Eis- und Schneefelder und dichte Wolken. Am geringsten ist die Albedo von Ozeanen, dunklen Böden und Wäldern. Betrachtet man die Erde als Ganzes, so liegt die Albedo heute bei durchschnittlich 30 Prozent.

Die Atmosphäre ist lebenswichtig

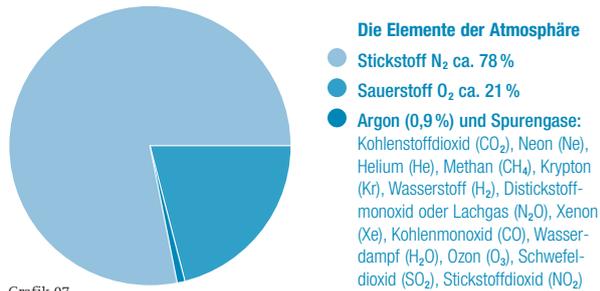
Der dritte Faktor, der die Strahlungsbilanz der Erde und damit ihr Klima bestimmt, ist die Zusammensetzung der Atmosphäre. Denn die abgehende Wärmestrahlung wird durch den Gehalt der Atmosphäre an absorbierenden Gasen (oft Treibhausgase genannt) und Aerosolen, also Partikeln in der Luft, beeinflusst. Wie muss man sich den Aufbau der Atmosphäre nun vorstellen?

Die Atmosphäre ist die Schutzhülle der Erde – eine Lufthülle, im Verhältnis zur Größe der Erde kaum

dicker als die Schale eines Apfels. Sie ermöglicht uns das Atmen und schützt uns vor der gefährlichen kurzwelligen Strahlung der Sonne. Bevor die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche treffen, müssen sie die Atmosphäre durchqueren. Sie wird in verschiedene Schichten unterteilt: Besonders die unterste Schicht, die Troposphäre, ist für Wetter und Klima von Bedeutung. Daher bezeichnet man sie auch als Wetterschicht. Hier bilden sich Wolken, und Luftströmungen sorgen rund um den Globus für einen Temperatureausgleich. In der darüber folgenden Stratosphäre befindet sich die sogenannte Ozonschicht. Dieses Ozon absorbiert die schädliche kurzwellige Strahlung der Sonne.



Grafik 06



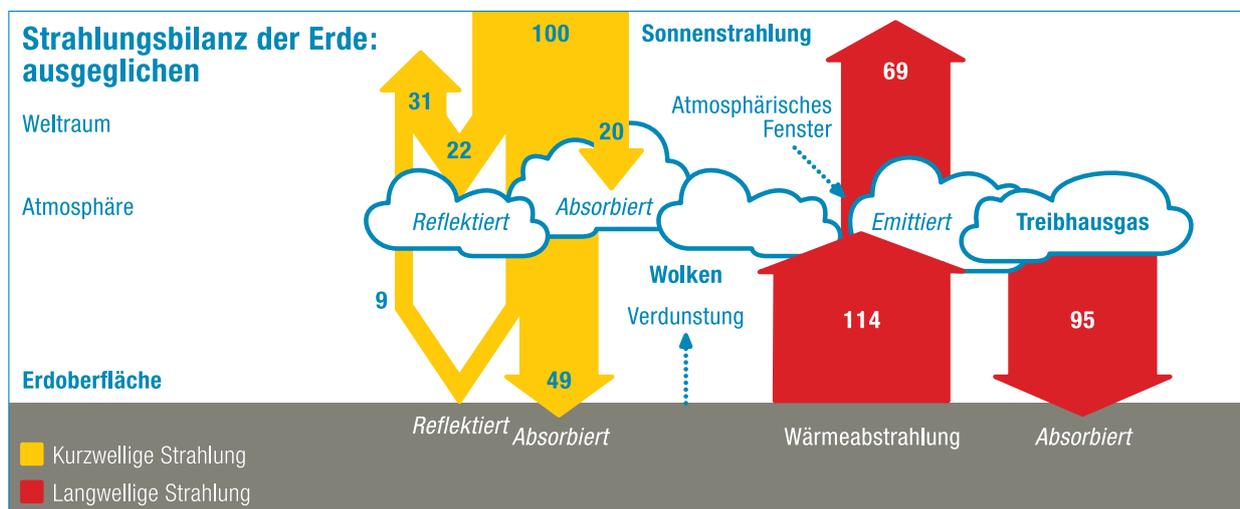
Grafik 07

Aus welchen Elementen besteht die Atmosphäre? Sie ist ein Gasgemisch aus 78 Prozent Stickstoff, 21 Prozent Sauerstoff, knapp einem Prozent Argon und zahlreichen sogenannten Spurengasen, die nur in sehr geringen Mengen vorkommen. Dazu zählen unter anderem Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid (Lachgas, N_2O) und Ozon (O_3). Je nach Luftfeuchtigkeit kommt noch Wasserdampf in unterschiedlicher Konzentration hinzu. Trotz ihres geringen Vorkommens sind die Spurengase für unser Klima sehr wichtig.

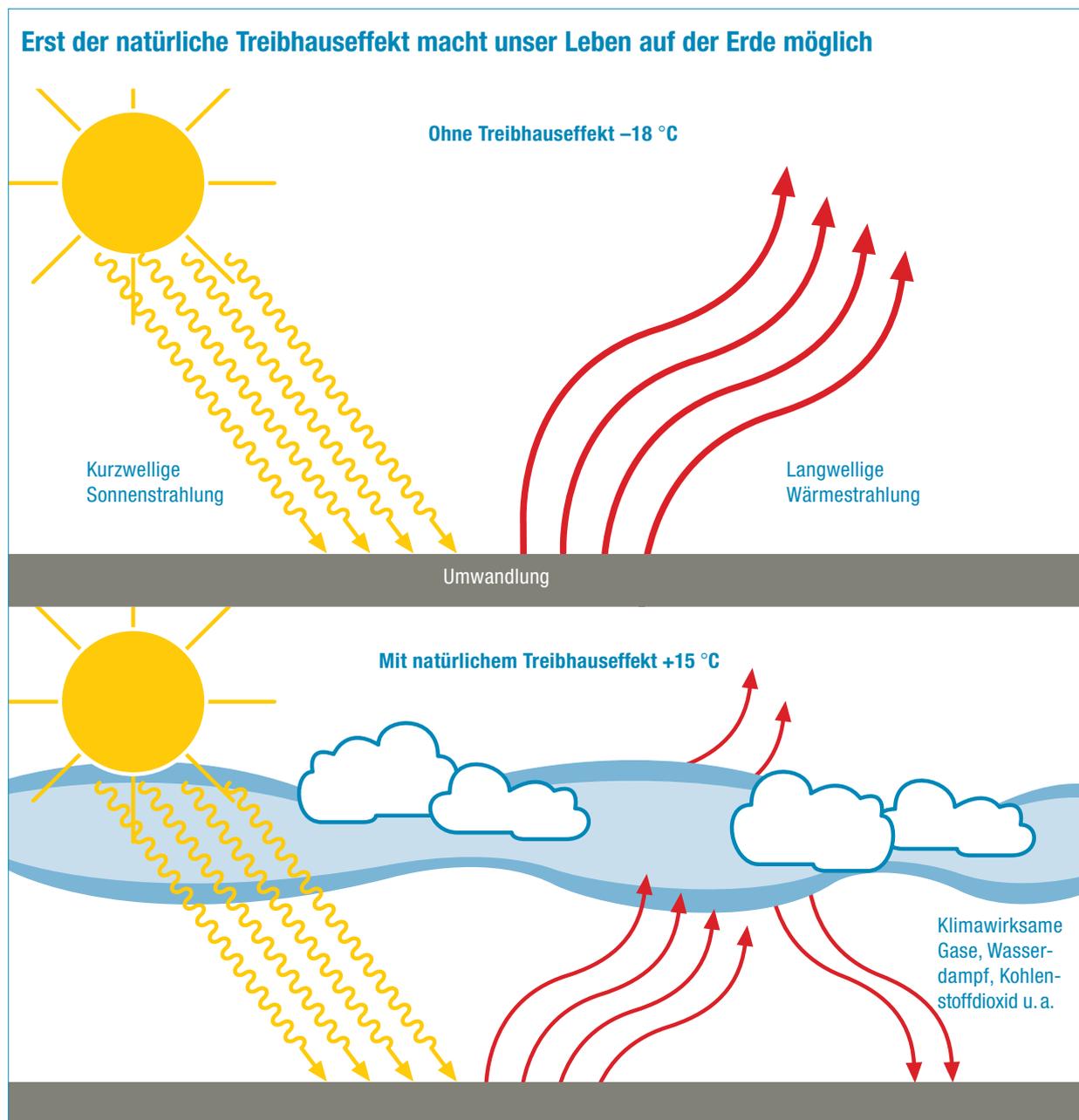
Verfolgen wir noch einmal den Weg der Sonnenstrahlung: Nur knapp 50 Prozent der kurzwelligen Sonnenstrahlung durchdringen die Atmosphäre und kommen tatsächlich auf der Erdoberfläche an. Die andere Hälfte wird durch Wolken ins All reflektiert und durch die Atmosphäre absorbiert. Bei der Sonnenstrahlung, die auf der Erdoberfläche ankommt, erfolgt zum großen Teil die Umwandlung in langwellige Wärmestrahlung, die wieder Richtung All abstrahlt. Hier kommt nun die Albedo ins Spiel: Von ihr hängt es ab, wie viel Strahlung nicht in Wärme umgewandelt, sondern reflektiert wird.

Für einen Teil der abgehenden Wärmestrahlung ist die Atmosphäre durchlässig, man spricht vom sogenannten atmosphärischen Fenster: In einem bestimmten Wellenlängenbereich kann die Wärmestrahlung direkt ins All entweichen.

Der überwiegende Rest der Wärmestrahlung wird aber in der Atmosphäre von den sogenannten Treibhausgasen absorbiert. Je größer ihr Anteil in der Atmosphäre ist, desto mehr Wärme wird absorbiert. Die wichtigsten Treibhausgase sind Wasserdampf (H_2O), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Diese Gase strahlen die absorbierte Wärme wiederum gleichmäßig in alle Richtungen ab – einen Teil also auch zurück auf die Erdoberfläche. Dadurch kommt auf der Erde mehr Strahlung an, als es ohne die Treibhausgase der Fall wäre, nämlich nicht nur die Sonnenstrahlung, sondern zusätzlich die von den Treibhausgasen abgestrahlte Wärmestrahlung. Die Treibhausgase erhielten ihren Namen, weil sie das Gleiche bewirken wie die Glasscheibe eines Treibhauses: Auch Glas ist durchlässig für kurzwellige Sonnenstrahlung und hält die langwellige Wärmestrahlung im Treibhaus zurück. Dieser atmosphärische Vorgang wird daher natürlicher Treibhauseffekt genannt.



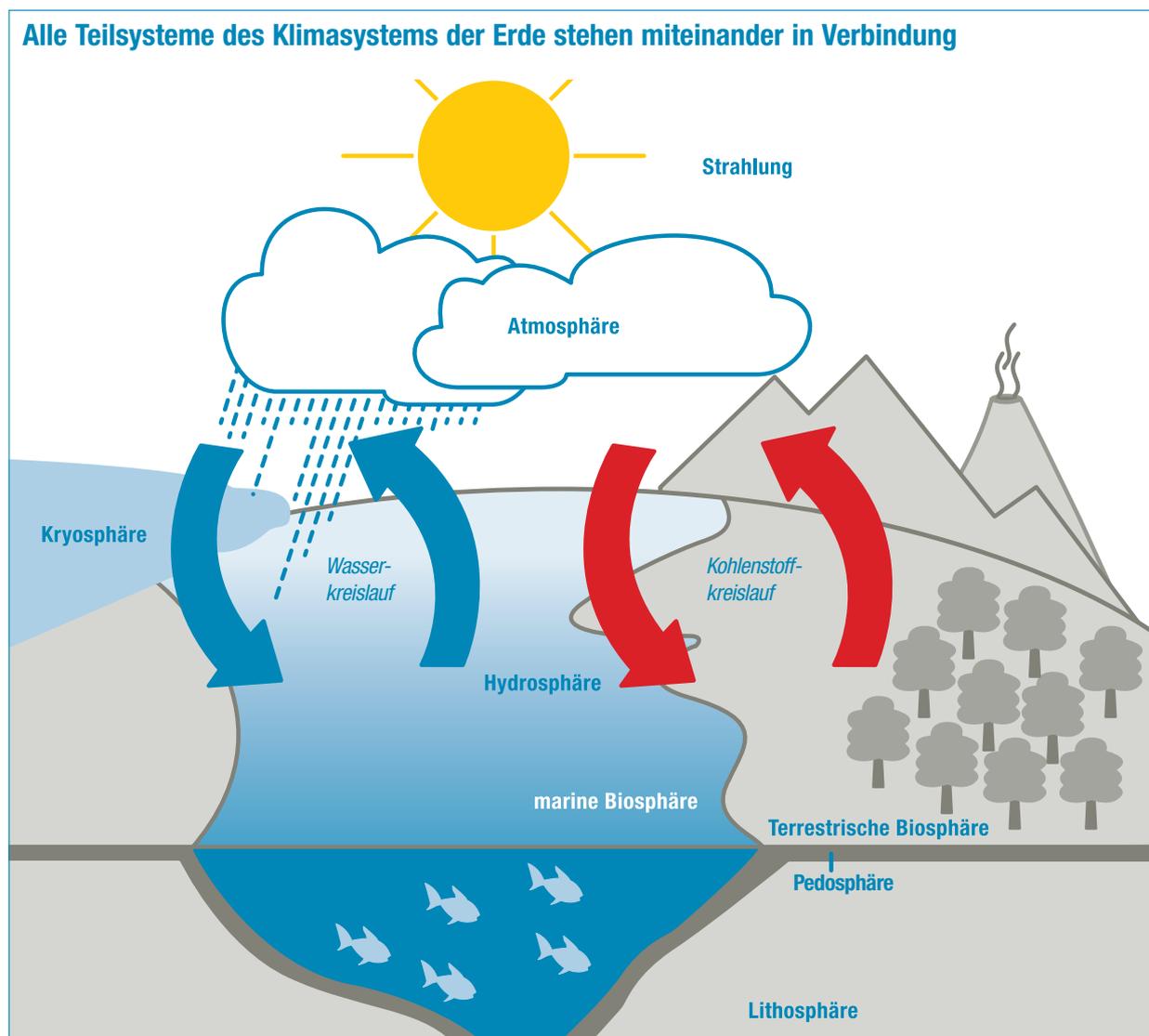
Grafik 08



Grafik 09

Ohne den natürlichen Treibhauseffekt würde die Wärmestrahlung vollständig in den Weltraum verloren gehen und wir hätten auf der Erde eine Temperatur von durchschnittlich minus 18 Grad Cel-

sus. Das ist so kalt wie in einer Tiefkühltruhe. Durch den natürlichen Treibhauseffekt herrschen auf der Erde durchschnittlich angenehme 15 Grad Celsius.



Grafik 10

Das Klimasystem der Erde

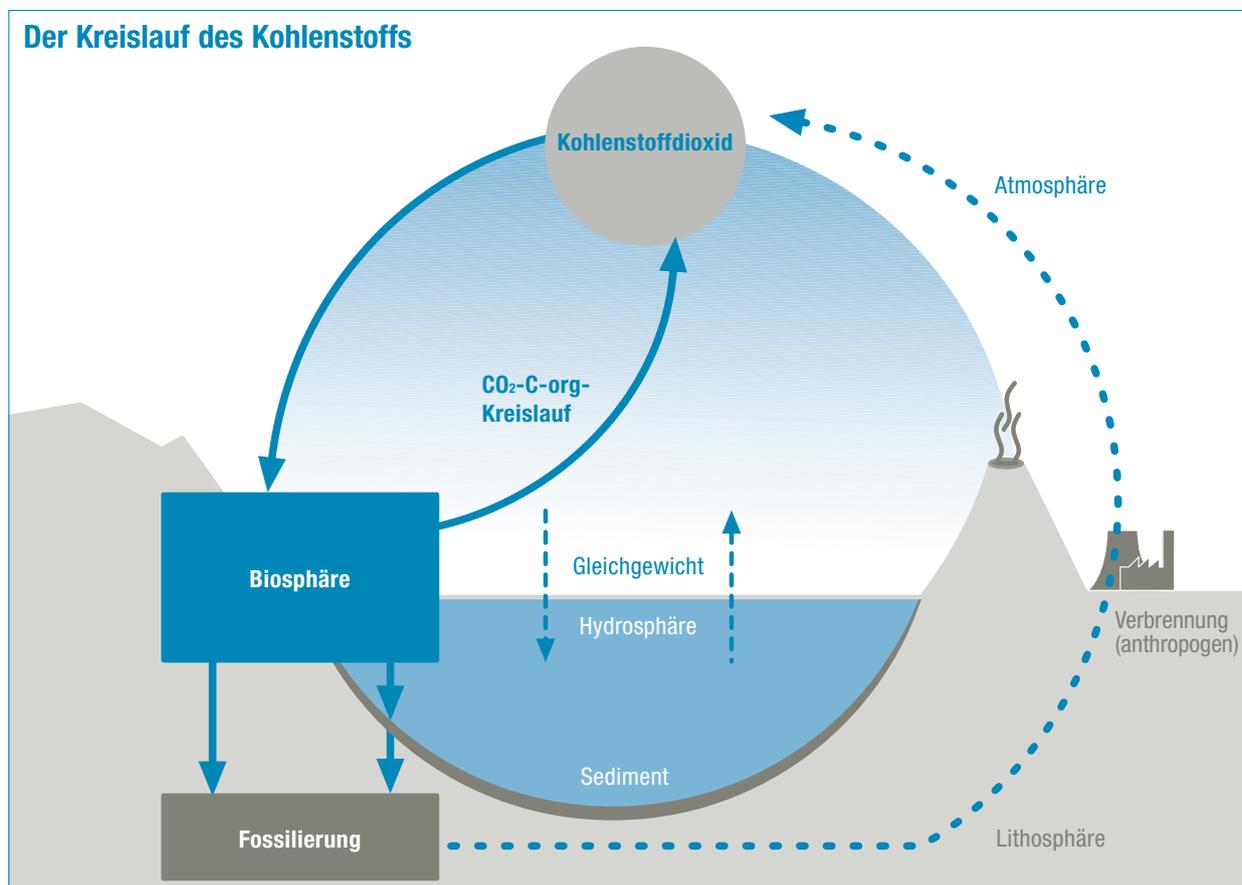
Wie wir wissen, ist der Strahlungshaushalt der Erde unter anderem von der Menge der Treibhausgase in der Atmosphäre abhängig. Die Atmosphäre steht nun wiederum mit anderen Systemen in komplexen Wechselwirkungen, welche die Menge an Treibhausgasen bestimmen.

Das gesamte Klimasystem der Erde lässt sich in fünf Teilsysteme gliedern: Atmosphäre, Hydrosphäre (Ozeane, Seen, Flüsse), Kryosphäre (Eis und Schnee), Biosphäre (lebende Organismen auf dem Land und im Wasser) und Litho-/Pedosphäre (festes Gestein und Böden).

Wasser- und Kohlenstoffkreislauf

Diese Teilsysteme sind über den Wasserkreislauf und den Kohlenstoffkreislauf miteinander verbunden. Welche Prozesse laufen hier genau ab? Die Hydrosphäre ist Teil des Wasserkreislaufs, der den Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre bestimmt. Bei starker Sonneneinstrahlung verdunstet Wasser aus Ozeanen, Seen und Flüssen und gelangt als Wasserdampf in die Atmosphäre. Je mehr Sonnenstrahlung auf die Erde trifft, desto mehr Wasserdampf entsteht. Dies verstärkt zum einen den Treibhauseffekt, da Wasserdampf ja als Treibhausgas wirkt. Zum anderen führt eine große Menge an Wasserdampf in der Atmosphäre zu einer erhöhten Niederschlagsrate. Dies wiederum wirkt sich auf Biosphäre, Lithosphäre und Kryosphäre aus. Die Biosphäre benötigt die Niederschläge für Wachstumsprozesse, im Boden versickert das Was-

ser und wird wieder der Hydrosphäre zugeführt. Einige Niederschläge fallen als Schnee auf die Erde: Hier kommt die Kryosphäre ins Spiel. Sie ist Teil eines sogenannten negativen Rückkopplungsprozesses: Je mehr schneebedeckte Flächen es auf der Erde gibt, desto größer ist die Albedo, das heißt, die Erdoberfläche reflektiert mehr Strahlung. Das wirkt der Erwärmung der Erde entgegen – man spricht daher von negativer Rückkopplung. Mehr Wasserdampf in einem erwärmten Klima führt aber auch zu einer stärkeren Wolkenbildung. Hieraus ergeben sich positive und negative Rückkopplungen: Einerseits verstärken die Wolken den Temperaturanstieg durch die Treibhauswirkung des Wasserdampfs. Andererseits erhöht eine dichte Wolkendecke die Albedo und führt damit zu einer Abkühlung.



Grafik 11

Der Kohlenstoffkreislauf hat durch solche Rückkopplungsprozesse ebenfalls großen Einfluss auf das Klima, da er vor allem den Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre definiert. Er besteht aus einem von der Biosphäre und einem von der Lithosphäre dominierten Teil. In der Biosphäre wird Kohlenstoff, der aus dem Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre stammt, durch die Fotosynthese in Pflanzen gebunden oder von Meeresorganismen in ihre Schalen eingebaut. Auch Knochen von Landtieren und Menschen enthalten Kohlenstoff. Dieser gespeicherte Kohlenstoff gelangt in der Regel nach dem Tod der Organismen durch Zersetzung zum Großteil wieder als Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre zurück. Wird der Kreislauf unterbrochen, ist der Kohlenstoff langfristig gebunden und damit der Atmosphäre entzogen. Ein gutes Beispiel hierfür sind Kohle, Erdöl und Erdgas. Sie entstanden ursprünglich aus toten Pflanzen und Tieren und bestehen daher zum großen Teil aus Kohlenstoff. Dies ist allerdings schon mehrere 100 Millionen Jahre her. Die Pflanzen und Tiere wurden nicht zersetzt, sondern von Schichten aus Sand überdeckt. Der Druck und die Temperatur stiegen immer mehr, so dass sich nach Jahrmillionen schließlich Erdöl, Erdgas und Kohle bildeten. Man nennt sie auch fossile Energieträger: Fossil bedeutet, dass sie sehr alt und ein Zeugnis vergangenen Lebens auf der Erde sind. Durch ihre Verbrennung können wir Energie wie Strom oder Wärme gewinnen – daher die Bezeichnung Energieträger. Bei dieser Verbrennung wird das gespeicherte Kohlenstoffdioxid wieder freigesetzt und gelangt in die Atmosphäre.

Die Lithosphäre beeinflusst durch den von Verwitterungsprozessen geprägten Silikat-Karbonat-Kreislauf das Klima, da in ihm die größte Menge an Kohlenstoffdioxid gebunden ist. Bei der Verwitterung von Gestein an Land wird Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre in der Erdkruste gebunden. Einige Verwitterungsprodukte gelangen über die Flüsse in die Ozeane, wo Meeresorganismen sie zum Aufbau ihrer Kalkschalen und -skelette benutzen. Nach dem Absterben dieser Organismen sinken die Kalkschalen und -skelette als Sedimente auf den Meeresgrund. Im Boden bleibt der Kohlenstoff dann so lange gespeichert, bis er durch Plattentektonik – die Erdoberfläche besteht aus sogenannten Platten, die ständig in Bewegung sind – und Vulkanismus irgendwann wieder in Form von Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre gelangt.

Dieser Kreislauf ist sehr träge und nimmt mehrere 1 000 Jahre in Anspruch. Außerdem ist er Teil einer wichtigen negativen Rückkopplung: Je wärmer es auf der Erde ist, desto schneller verläuft der Verwitterungsprozess im Gestein. Dadurch wird der Atmosphäre mehr Kohlenstoffdioxid entzogen und langfristig im Boden gebunden. Die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid durch Plattentektonik und Vulkane hingegen bleibt gleich. Der Kohlenstoffdioxidanteil in der Atmosphäre verringert sich also und wirkt der Erwärmung entgegen.

Das Wichtigste in Kürze

- Das globale Klima ist das Ergebnis der Strahlungsbilanz der Erde. Diese wird durch die ankommende Sonnenstrahlung, die Albedo der Erde sowie durch die Zusammensetzung der Atmosphäre bestimmt.
- Die Atmosphäre steht in komplexen Wechselwirkungen mit den anderen vier Teilsystemen des Klimasystems, mit Hydrosphäre, Kryosphäre, Lithosphäre und Biosphäre.

Die Klimazonen der Erde

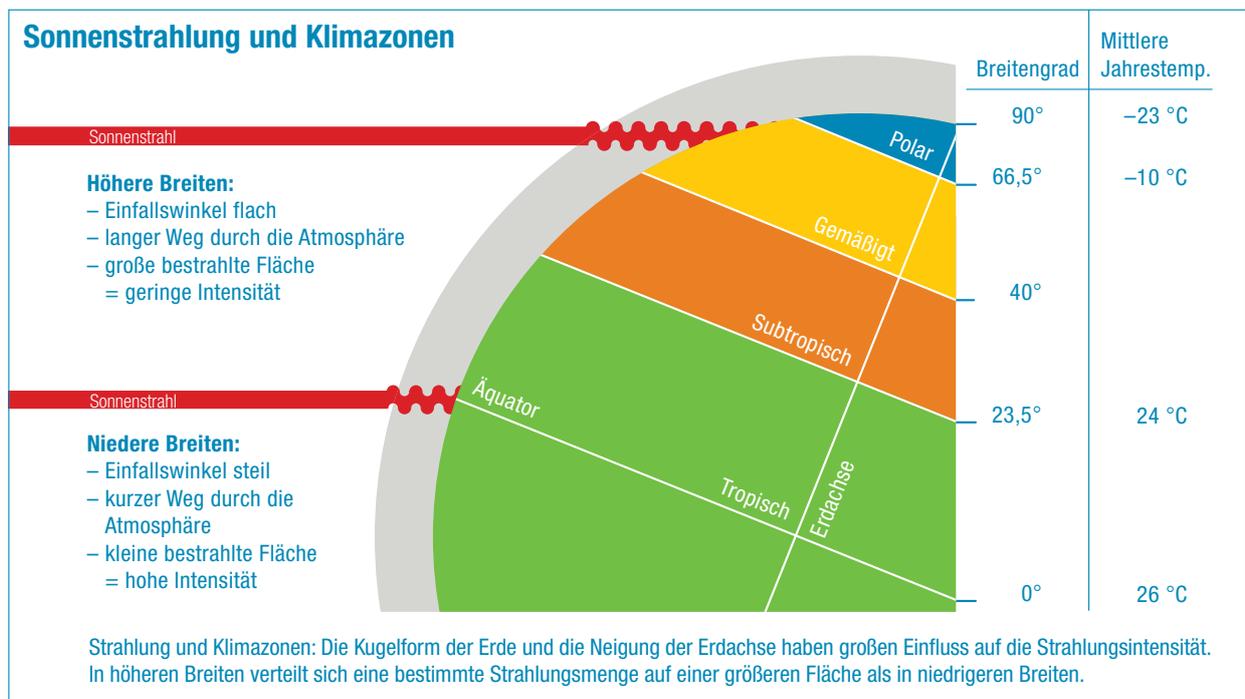
- > Klimazonen
- > Klimatypen

Unser globales Klima ist wesentlich durch die Strahlungsbilanz der Erde bestimmt, das heißt von der Strahlungsmenge, die insgesamt auf der Erde ankommt und als Wärme wieder abgestrahlt wird.

Das globale Klima ist aber nur der Mittelwert aller regionalen Klimate, die sich vom globalen Mittel erheblich unterscheiden können. Das regionale Klima ist überall auf der Welt verschieden. Vergleicht man allerdings das Klima an unterschiedlichen Orten der Erde, stellt man fest, dass es in relativ großen Gebieten doch ähnliche Züge trägt. Diese Gebiete werden zu Klimazonen zusammengefasst.

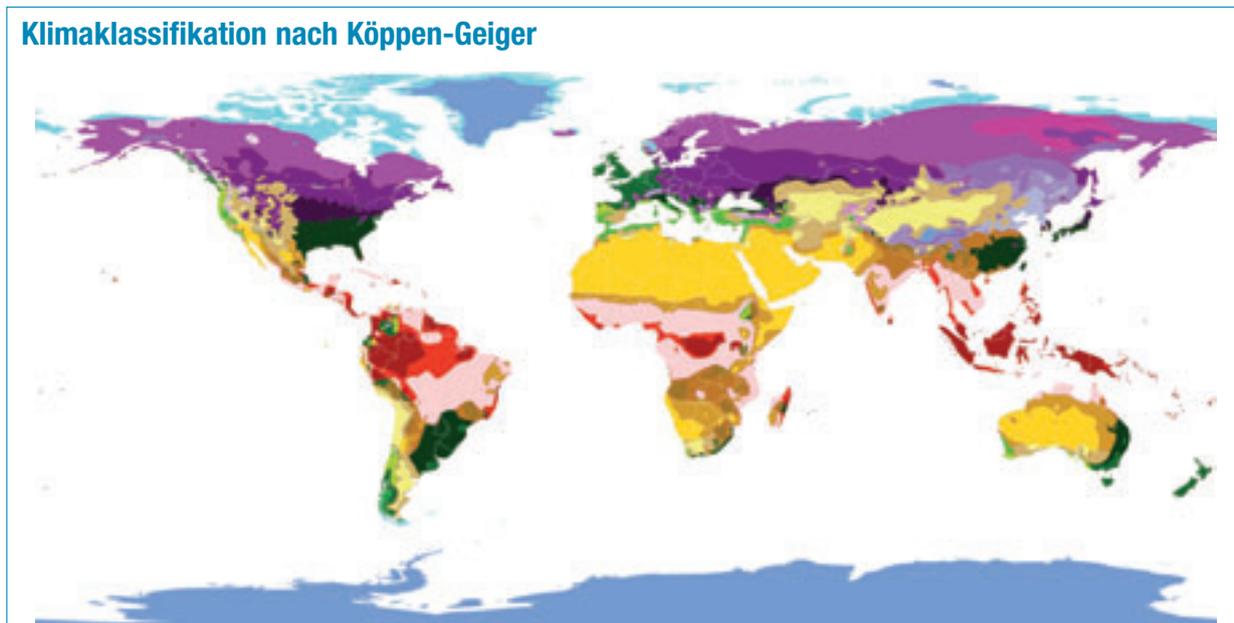
Die Klimazonen der Erde entstehen dadurch, dass die auf der Erde eintreffende Sonnenstrahlung unterschiedlich verteilt ist. Sie wechselt – bedingt durch die Neigung der Erdachse – entsprechend den Jahreszeiten und der geografischen Breite: Am

Äquator trifft die Sonnenstrahlung das ganze Jahr gleichmäßig steil auf die Erde. Die Pole werden hingegen nur ein halbes Jahr mit Sonne versorgt. Und auch dann ist der Einstrahlungswinkel sehr flach, die Intensität der Einstrahlung daher gering. Dies führt zu hohen Temperaturen und schwach ausgeprägten Jahreszeiten am Äquator und zu sehr niedrigen Temperaturen sowie stark ausgeprägten Jahreszeiten an den Polen. Deutschland liegt in den mittleren Breitengraden: Der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung ist also zwischen den Extremen zu finden. Die Temperaturen schwanken im Rahmen von durchschnittlich 16 Grad Celsius im Sommer und null Grad Celsius im Winter.



Grafik 12

Klimaklassifikation nach Köppen-Geiger



Grafik 13

Für die Unterteilung der Erde in Klimazonen gibt es verschiedene Methoden. Nach der Köppen-Geiger-Klimaklassifikation unterscheidet man fünf Klimazonen.

Klimazone A

Das tropische Regenwald- oder Savannenklima ohne Winter ist geprägt durch Monatsmitteltemperaturen von über 18 Grad Celsius. Man unterscheidet als Klimatypen das tropische Regenwaldklima mit durchgängig hohen monatlichen Niederschlagsmengen von über 150 Millimetern und das Savannenklima, das wintertrocken ist.

Klimazone B

Das Trockenklima wird nicht durch die Temperatur, sondern durch das Angebot von Wasser definiert. Als Trockenheit bezeichnet man hier das Verhältnis von Verdunstung/Niederschlag zu Temperatur/Niederschlag. Je nach Wasserangebot gibt es ein Steppenklima und ein Wüstenklima.

Klimazone C

Das warmgemäßigte Klma zeichnet sich durch Temperaturen zwischen minus drei und plus 18 Grad Celsius im kältesten Monat und über zehn Grad Celsius im wärmsten Monat aus. Innerhalb dieser Zone unterscheidet man wiederum zwischen dem warmen sommertrockenen Klma, dem feuchtgemäßigten Klma und dem warmen wintertrockenen Klma.

Klimazone D

Das Schneewaldklma bezeichnet man auch als boreales Klma. In dieser Zone steigt die Temperatur im kältesten Monat nicht über minus drei Grad Celsius. Im wärmsten Monat herrschen Temperaturen von über zehn Grad Celsius. Unterschieden wird zwischen dem winterfeuchtkalten und dem wintertrockenkalten Klimatyp.

Klimazone E

Im Schneeklma herrschen im wärmsten Monat Temperaturen von unter zehn Grad Celsius. Klimatypen sind hier das Tundrenklma und das Klma des ewigen Frosts.

Abbildung	Klimazone	Bezeichnung	Beispiel
1.	A	Tropisches Regenwald- oder Savannen- klima ohne Winter	Indonesien
2.	B	Trockenklima	Saudi-Arabien
3.	C	Warmgemäßigtes Klima	Großbritannien
4.	D	Boreales oder Schneewaldklima	Finnland
5.	E	Schneeklima	Grönland

Grafik 14



Abbildung 07



Abbildung 09



Abbildung 10



Abbildung 08



Abbildung 11

Wie wir in der Klimaklassifikation nach Köppen-Geiger schon gesehen haben, lassen sich die Klimazonen noch weiter untergliedern: Die verschiedenen Klimatypen innerhalb der Zonen entstehen durch Wind- und Meeresströmungen, werden aber auch auf Grund ihrer Lage zum Meer bestimmt. Diese Nähe zum Meer ist entscheidend, da Meerwasser wesentlich mehr Wärme speichern kann als Luft oder die Oberfläche des Lands. Deshalb sind die Temperaturschwankungen in Meeresnähe deutlich geringer als an küstenfernen Orten. Das Klima in Meeresnähe wird als maritim bezeichnet, in küstenfernen Orten heißt es kontinental.

Die Unterschiede der einzelnen Klimazonen lassen sich gut anhand von Klimadiagrammen erkennen. Diese beschreiben das Wetter eines Orts über einen langen Beobachtungszeitraum. Sie geben Aufschluss über Temperatur und Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf.

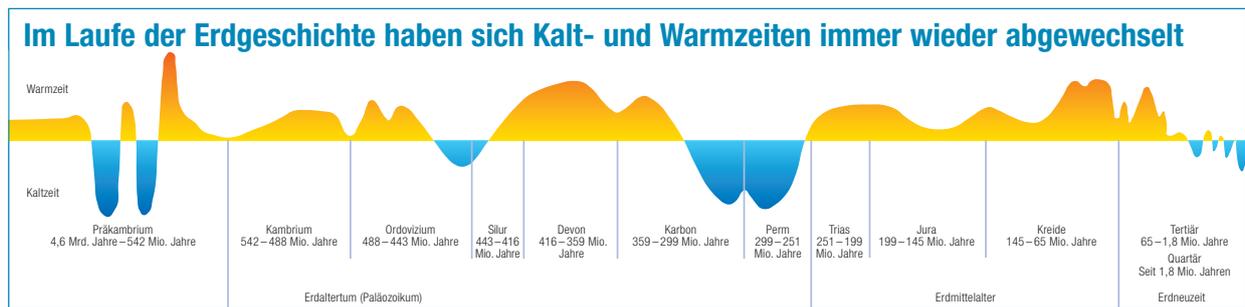
Das Wichtigste in Kürze

- Nach der Köppen-Geiger-Klimaklassifikation lassen sich auf der Erde fünf Klimazonen unterscheiden.
- Innerhalb dieser Klimazonen gibt es verschiedene Klimatypen, die durch Wind- und Meeresströmungen und die Lage zum Meer bestimmt werden.

Die lange Geschichte unseres Klimas

Das Klima auf der Erde war nicht immer gleich. Sehr warme Phasen wechselten mit Zeiten ausgedehnter Vereisung ab. Heute leben wir in einer Phase der Warmzeit eines Eiszeitalters.

- > Präkambrium
- > Erdaltertum
- > Erdmittelalter
- > Erdneuzeit



Grafik 15

In der Frühzeit der Erde, dem sogenannten Präkambrium (rund 4,6 Milliarden Jahre bis 542 Millionen Jahre vor unserer Zeit), herrschten extreme klimatische Bedingungen. Die noch junge Atmosphäre bestand vor allem aus Kohlenstoffdioxid, Methan und Ammoniak. Dadurch gab es wahrscheinlich ein »Supertreibhausklima« mit Temperaturen von über 50 Grad Celsius. Vor etwa 3,8 Milliarden Jahren begann sich in den Meeren dann erstes Leben zu entwickeln. Durch die damit einsetzende Fotosynthese verringerte sich der Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre, der Sauerstoffanteil stieg – es wurde kälter.

Das Klima im Erdaltertum

Im Erdaltertum, fachlich Paläozoikum genannt (circa 542 Millionen bis 251 Millionen Jahre vor unserer Zeit), stellte sich ein relativ warmes Klima ein, das durch einige Kaltzeiten unterbrochen wurde. Die ersten Landpflanzen und Bäume entstanden. Ihre Fotosyntheseaktivität entzog der Atmosphäre vermehrt Kohlenstoffdioxid. In dieser Zeit bildeten sich auch die Kohlelagerstätten, die wir heute zur Energiegewinnung abbauen. Große Mengen an Kohlenstoff blieben so langfristig gebunden und reduzierten den Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre weiter. Dies verringerte den Treibhauseffekt, die Temperaturen sanken erneut.

Klimakatastrophe im Erdmittelalter

Das Erdmittelalter (circa 251 Millionen bis 65 Millionen Jahre vor unserer Zeit) war wieder von warmem Klima geprägt. Durch den damals sehr aktiven Vulkanismus gelangte viel Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre, der Treibhauseffekt verstärkte sich und die Temperaturen stiegen. Am Ende des Erdmittelalters, vor circa 65 Millionen Jahren, kam es dann aber zu einem plötzlichen Klimawandel mit einer deutlichen Abkühlung von Atmosphäre und Ozeanen sowie einem Absinken des Meeresspiegels. Diesem Einschnitt fielen über 70 Prozent aller Arten, vor allem aber die Dinosaurier, zum Opfer. Die Ursache dieser Klimakatastrophe wird kontrovers diskutiert. Die gängigsten Erklärungen gehen heute vom Einschlag eines riesigen Meteoriten aus. Durch seinen Aufprall sollen enorme Mengen Ruß, Asche und Gase in die Atmosphäre gelangt sein, welche die Erde monate- oder sogar jahrelang verdunkelten.



Abbildung 12

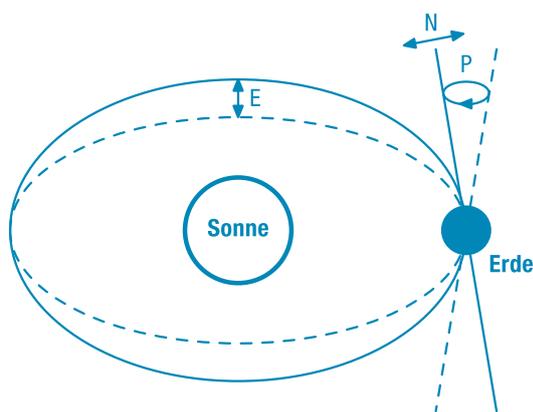
Heute leben wir in einem Eiszeitalter

Am Beginn der Erdneuzeit vor 65 Millionen Jahren gab es noch einmal eine etwas wärmere Phase. Seitdem herrscht aber ein langfristiger Abkühlungstrend vor. Das jüngste Eiszeitalter begann vor rund 2,6 Millionen Jahren mit der Vereisung des Nordpols. Damals hatten Kontinente, Gebirge und Ozeane im Wesentlichen ihre heutige Gestalt angenommen. Seitdem ist die Erde nun in einem Eiszeitalter gefangen, in dem wir auch heute noch leben. Zwar wechselten sich Kalt- und Warmzeiten ab – man spricht auch von Eiszeiten und Zwischen-eiszeiten –, aber selbst in den wärmeren Perioden war das Eis niemals vollständig von den Polen oder aus den Gebirgen verschwunden. Im Moment befinden wir uns in einer Phase der Warmzeit, die wahrscheinlich in 30 000 bis 50 000 Jahren wieder in einer Eiszeit enden wird.



Abbildung 13

Veränderungen der Erdbahn um die Sonne gelten als Auslöser der Eiszeitzyklen



Grafik 16

Als Auslöser der Eiszeiten gelten die sogenannten Milankovic-Zyklen, benannt nach ihrem Entdecker, dem serbischen Mathematiker und Astrophysiker Milutin Milankovic (1879–1958). Er fand heraus, dass der Wechsel von Eiszeiten und Warmzeiten in der jüngsten Erdgeschichte durch die Bewegung der Erde um die Sonne gesteuert wird: Demnach schwankt die Umlaufbahn der Erde innerhalb von 100 000 Jahren zwischen einer ungenauen Kreis- und einer leichten Ellipsenform – mit Auswirkungen auf den Abstand der Erde zur Sonne und damit auf die insgesamt auf die Erde auftreffende Strahlungsmenge. Mit einer Periode von 41 000 Jahren ändert sich leicht der Neigungswinkel der Erdachse und circa alle 25 800 Jahre durchläuft die Erde eine Kreiselbewegung. Beides verändert die Verteilung der Strahlung auf der Erdoberfläche. Alle drei Effekte überlagern sich und führen zu periodischen Klimaänderungen.



Das Gemälde von Pieter Bruegel dem Älteren zeigt eine typische niederländische Winterlandschaft im 16. Jahrhundert

Das Klima beeinflusst die menschliche Geschichte

Unsere heutige Warmzeit – das sogenannte Holozän – begann vor etwa 11 700 Jahren. Das relativ stabile Klima des Holozäns gilt für viele als Grund dafür, dass der Mensch vor circa 10 000 Jahren die Landwirtschaft erfand und sesshaft wurde. Mit dem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf Werte, die sogar zwei bis 2,5 Grad Celsius über den heutigen lagen, erreichte unsere jetzige Warmzeit vor circa 8 000 bis 6 000 Jahren ihren Höhepunkt. Diese bisher wärmste Klimaperiode seit der letzten Eiszeit wird als das »holozäne Optimum« bezeichnet. Die ersten Hochkulturen in Mesopotamien und Ägypten sind vermutlich in dieser Zeit entstanden.

Nach Ende des »holozänen Optimums« gab es dann Phasen, in denen es wärmer beziehungsweise kälter war als heute. Dies blieb nicht ohne Auswirkungen auf die Menschen, wie folgende Beispiele zeigen: Zur Römerzeit herrschte in Europa ein mildes Klima (»Römisches Optimum« von 400 vor Christus bis 200 nach Christus). So konnte der karthagische Feldherr Hannibal mit seinen Elefanten die Alpen überqueren, die deutlich weniger mit Eis und Schnee bedeckt waren als in späteren Jahrhunderten. Auch in Grönland, dessen Name »grünes Land« bedeutet, gab es wärmere Phasen. Besonders günstig war das Klima, als der Wikinger Erik

der Rote im Jahr 985 dort seine Siedlung gründete. Doch die klimatischen Bedingungen verschlechterten sich in den folgenden 200 Jahren immer mehr und im späten 14. Jahrhundert musste die Siedlung aufgegeben werden. Erst seit etwa 1850 herrscht in Grönland wieder milderes Klima.

Von Anfang des 15. bis in das 19. Jahrhundert hinein gab es eine Periode relativ kühlen Klimas, die »Kleine Eiszeit«. Während dieser Zeit traten häufig sehr kalte, lang andauernde Winter und niederschlagsreiche, kühle Sommer auf. Die Kanäle in den Niederlanden waren lange zugefroren, wie man auf Bildern niederländischer Maler sehen kann. Gletscher in den Alpen breiteten sich aus und zerstörten Dörfer. Wiederholt kam es zu Missernten und Hungersnöten.

Das Wichtigste in Kürze

- Im Laufe der Erdgeschichte wechselten sich Warm- und Kaltzeiten immer wieder ab, wobei die wärmeren Zeiten überwogen. Massive Änderungen der beeinflussenden Klimafaktoren waren die Ursache.
- Diese Klimawechsel hatten drastische Auswirkungen auf das Leben auf der Erde, wie beispielsweise das Aussterben der Dinosaurier. Auch die menschliche Geschichte wurde wesentlich vom Klima bestimmt.
- Heute leben wir in einer Phase der Warmzeit im Rahmen des Eiszeitalters, das vor 2,6 Millionen Jahren begann.

Wie funktioniert Klimaforschung?

Unser Klima ist ein sehr komplexes System: Zahlreiche Faktoren beeinflussen beispielsweise, wie hoch die durchschnittlichen Temperaturen und Niederschlagsmengen an einem Ort sind. Um das Klima zu verstehen, muss man daher möglichst viel über diese einzelnen Elemente und deren Zusammenwirken wissen. Nur so sind Vorhersagen über die zukünftige Entwicklung unseres Klimas möglich.

- > Klimatologie
- > Paläoklimatologie
- > Datenquellen der Paläoklimatologie



1.5



1.4

Die Lehre vom Klima und seinen Wirkungen heißt Klimatologie. Sie erforscht die Gesetzmäßigkeiten des Klimas, also das Durchschnittswetter eines Orts. Dazu sind langfristige Beobachtungen der Temperatur, der Winde, des Niederschlags sowie weiterer meteorologischer Daten nötig. Aber auch geografische Faktoren wie Höhenlage, Abstand vom Meer oder Längen- und Breitengrad spielen eine Rolle. Untersucht werden zudem Wechselwirkungen der einzelnen Elemente, etwa wie sich Meeresströmungen und Wirbelstürme bedingen oder wie sich die Abholzung von Regenwäldern auf das regionale oder globale Klima auswirkt.

Regelmäßige Messungen und Aufzeichnungen – zum Beispiel der Temperatur – liegen für Europa, die küstennahen Zonen Nordamerikas und Ostasiens sowie entlang der Hauptschiffahrtslinien erst seit etwa 150 Jahren vor. Für die Klimaforschung ist dieses Wissen um das Klima vergangener Zeiten sehr wichtig. Die Wissenschaftler versuchen, aus den Daten der Vergangenheit langfristige Trends, regelmäßige Schwankungen und ihre Ursachen zu erkennen, um daraus Aussagen über zukünftige Entwicklungen abzuleiten. Woher bekommt man aber Informationen über das Klima, das vor mehreren 1000 Jahren herrschte?

Die Wissenschaft vom Klima früherer Zeiten wird als Paläoklimatologie bezeichnet. »Paläo« kommt aus dem Griechischen und bedeutet »alt«. Sie versucht anhand der sogenannten Proxies die klimatischen Verhältnisse der Vergangenheit zu klären und daraus wiederum Rückschlüsse auf die klimatische Zukunft zu ziehen. Proxies sind Stellvertreterdaten, die aus natürlichen Klima-

archiven wie Eis, Sedimenten und Baumringen sowie aus historischen Dokumenten gewonnen werden.



Abbildung 15

Eisbohrkerne verraten uns viel über das Klima der vergangenen Jahrhunderte

Natürliche Klimaarchive: Klimazeugen der Erdgeschichte

Welche Informationen lassen sich nun aus diesen Klimaarchiven ableiten? Einige der bestuntersuchten Klimadaten stammen aus Eisbohrkernen. Besonders in der Antarktis und in Grönland findet man sehr altes Eis der vergangenen 400 000 Jahre. Durch kilometertiefe Bohrungen ist es möglich, zu den Eisschichten, die vor vielen 1000 Jahren entstanden sind, zu gelangen. Sie werden im Labor analysiert. Wie bei den Jahresringen eines Baums lässt sich das Alter anhand der Schichten in den Eisbohrkernen bestimmen. Aus dem Eis selbst kann man Rückschlüsse auf die damals herrschenden Temperaturen ziehen. Im Eis sind zudem kleine Luftbläschen eingeschlossen, die uns zeigen, wie die Zusammensetzung der Atmosphäre zu der Zeit war.

Auch Sedimente geben zahlreiche Hinweise auf vergangene Klimaentwicklungen. Sedimente sind Erdschichten, die sich im Laufe einer langen Zeit durch Ablagerungen von Steinen, Sand, Tier- und Pflanzenresten aufgebaut haben. Anhand der versteinerten Tier- und Pflanzenreste lässt sich hier – genau wie bei den Eisbohrkernen – die Klimavergangenheit Schicht um Schicht, Jahr für Jahr zurückverfolgen.

Versteinerte Bäume bieten ebenfalls eine gute Möglichkeit, der Klimavergangenheit auf die Spur zu kommen. Sicher hat jeder schon einmal einen gefällten Baum gesehen und festgestellt, dass der Stamm aus vielen Ringen besteht. Jedes Jahr wächst ein neuer Jahresring, so dass man durch das Zählen der Ringe das Alter des Baums bestimmen kann. Bei genauerer Untersuchung lässt sich darüber hinaus erkennen, welche Wachstumsbedingungen in den einzelnen Jahren geherrscht haben. War es beispielsweise eher trocken oder kalt im Frühjahr, ist der Ring nur sehr schmal, war es warm und feucht, fällt der Ring breiter aus. Diese Baumringe entstehen ausschließlich in Klimazonen, in denen die Jahreszeiten für unterschiedliche Wachstumsphasen sorgen. Bäume in der Nähe des Äquators bilden keine Ringe aus, da sie das ganze Jahr wachsen.

*Baumringe als natürliche
Klimaarchive*

Menschliche Zeugnisse

Neben den natürlichen Klimaarchiven sind auch historische Schriften von großem Wert für die Klimaforschung: Berichte über Naturkatastrophen, Protokolle von Wasserständen an Flüssen und Seen oder Aufzeichnungen über Ernteerträge sowie viele andere Datenquellen liefern wertvolle Hinweise zum Klima der Vergangenheit. Alte Gemälde und Zeichnungen bis hin zu Höhlenmalereien geben weitere Auskünfte über das Leben unserer Vorfahren.

Das Wichtigste in Kürze

- Die Klimaforschung benötigt möglichst viele Informationen zu den meteorologischen Elementen und deren Zusammenwirken, um Aussagen über künftige Entwicklungen treffen zu können. Für die Erforschung von Klimaveränderungen sind Messreihen über lange Zeiträume wichtig.
- Daten zum Klima früherer Zeiten gewinnen Forscher aus natürlichen Klimaarchiven und historischen Dokumenten.



Abbildung 16

Was bestimmt das Klima der Emscher-Lippe-Region?

Die Emscher-Lippe-Region liegt auf dem 51. Breitengrad in der Zone des warmgemäßigten Klimas. Bezogen auf den Klimatyp ist die Region geprägt durch ein feuchtgemäßigtes Klima mit ganzjährigen Niederschlägen. Die durchschnittlichen Temperaturen betragen rund zwei Grad Celsius im kältesten Monat und rund 17 Grad Celsius im wärmsten Monat.

- > Lokale Klimafaktoren
- > Westwindzone
- > Nordatlantikstrom
- > Geländeform

A 1.6

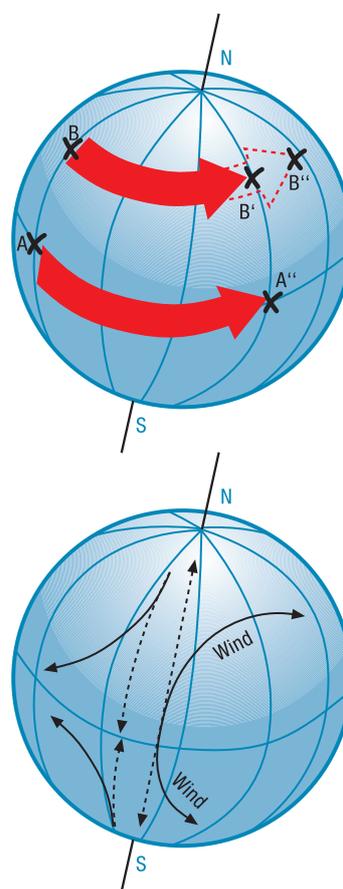
Neben dem Breitengrad haben insbesondere die Nähe zum Meer und der Wind großen Einfluss auf das Mesoklima einer Region. Aber auch die Geländeform und die Höhe über dem Meeresspiegel wirken sich entscheidend auf das Klima aus. Welche lokalen Klimafaktoren sind das für die Emscher-Lippe-Region?

Westwindzone

Die Emscher-Lippe-Region liegt im Einflussgebiet der Westwindzone. Was heißt das genau? Wind trägt wesentlich zum Temperaturengleich bei. Das grundsätzliche Prinzip ist das Folgende: Am Äquator erwärmt sich die Luft stark. Weil warme Luft leichter ist als kalte, steigt sie auf. Dadurch sinkt der Luftdruck – also das Gewicht der Luftsäule – am Boden und ein Tiefdruckgebiet entsteht. An den Polen kommt am wenigsten Sonneneinstrahlung an. Die Luft ist daher kalt und sinkt zu Boden. Ein Hochdruckgebiet bildet sich. Der Druckausgleich entsteht, indem Luftmassen von den Polen zum Äquator strömen – wir nehmen sie als Wind wahr. Kompliziert wird das einfache Bild nun durch die Erddrehung, die zur Ablenkung der Luftmassen führt. Diese Kraft bezeichnet man auch als Corioliskraft. Sie sorgt dafür, dass der Wind auf der Nordhalbkugel nach Osten abgelenkt wird. Daher kommt der Wind bei uns meist aus westlicher Richtung.

In unseren Breiten gibt es zudem einen häufigen Wechsel von Hoch- und Tiefdruckgebieten. Der Grund: Kalte Luft aus dem Norden und warme Luft aus dem Süden treffen aufeinander und kämpfen um die Vorherrschaft. Wandernde Tiefdruckgebiete bringen das ganze Jahr über viel Regen und wechselhaftes Wetter mit sich.

Die Corioliskraft hat großen Einfluss auf die globalen Windsysteme



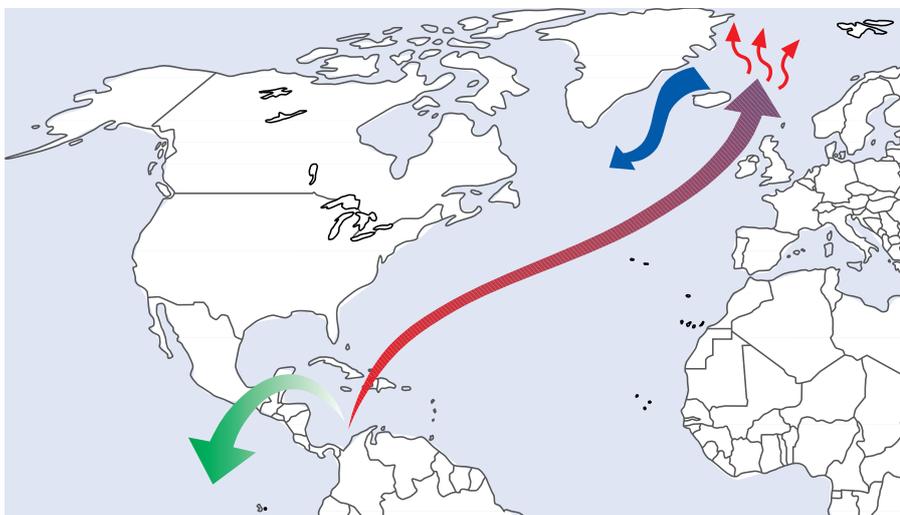
Die Corioliskraft wirkt, wenn sich Luftmassen in andere Breitengrade bewegen. Sie hat großen Einfluss auf die globalen Windsysteme und auf die Entstehung von Wirbelstürmen.

Grafik 17

Nordatlantikstrom

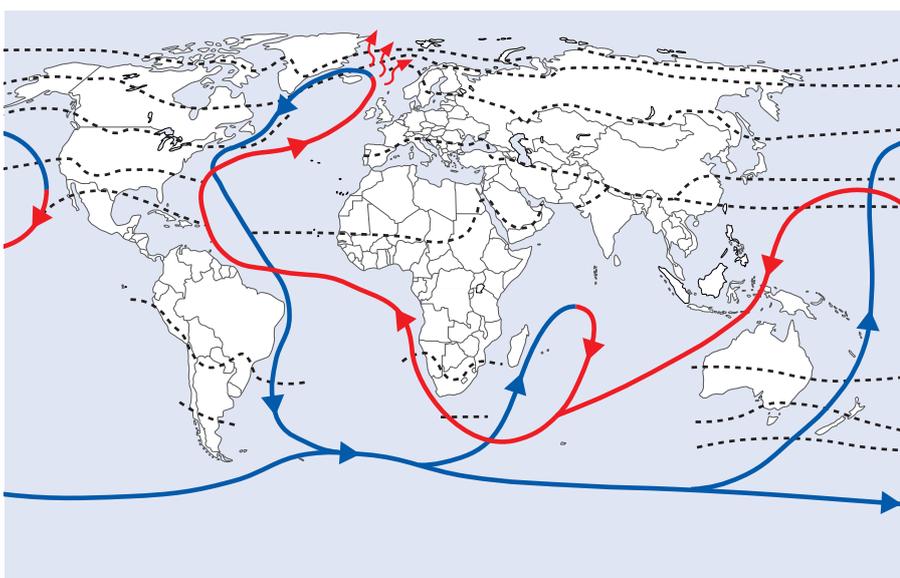
Die Emscher-Lippe-Region ist auch durch den Einfluss des Meers geprägt, obwohl sie nicht direkt am Meer liegt. Das Klima in Meeresnähe wird als maritim bezeichnet. Im Gegensatz zum kontinentalen Klima gibt es hier vergleichsweise geringe Schwankungen im Jahres- und Tagesverlauf der Temperatur.

Die thermohaline Zirkulation hat auch Auswirkungen auf unser regionales Klima



Der Wärmeaustausch zwischen den drei Weltmeeren erfolgt über das Große Marine Förderband

-  Warme Oberflächenströmung
-  Kalte Tiefenströmung
-  Hohe Verdunstungsrate
-  Grenzen der Klimazonen



Grafik 18

Darüber hinaus verschafft der Nordatlantikstrom – der Golfstrom ist ein Teil davon – der Emscher-Lippe-Region ein deutlich milderes Klima, als es die geografische Breite erwarten ließe. Im Mittel liegt die Temperatur in Nordwesteuropa etwa um neun Grad Celsius über den Werten anderer Orte der Welt mit vergleichbarer geografischer Breite. Der Nordatlantikstrom ist wiederum Teil einer globalen Meeresströmung, die dadurch zustande kommt, dass die Sonne das Wasser auf der Erde unterschiedlich stark erwärmt. Sein Ausgangspunkt liegt in der Karibik: Hier ist das Wasser sehr warm und es kommt zu einer hohen Verdunstung. Dadurch steigt der Salzgehalt und damit die Dichte des Wassers. Der Nordatlantikstrom transportiert nun dieses salzreiche Oberflächenwasser der Karibik in die See zwischen Grönland und Norwegen. Dort kühlt es ab, wird schwerer und sinkt in die Tiefe. Das absinkende Wasser und der dabei entstehende Sog ziehen wiederum salzreiche Wassermassen aus der Karibik an und halten das Förderband am Laufen. In den Polargebieten friert Wasser zu Eis, das Salz bleibt im Meer zurück, Salzgehalt und Dichte des Wassers steigen zusätzlich und verstärken den Sogeffekt. Unterschiede in Temperatur und Salzgehalt bewirken also zusammen die thermohaline – von griechisch »thermos« (»Wärme«) und »halos« (»Salz«) – Zirkulation der Wassermassen. Als nordatlantisches Tiefenwasser fließt der Strom dann zurück nach Süden.

tiert nun dieses salzreiche Oberflächenwasser der Karibik in die See zwischen Grönland und Norwegen. Dort kühlt es ab, wird schwerer und sinkt in die Tiefe. Das absinkende Wasser und der dabei entstehende Sog ziehen wiederum salzreiche Wassermassen aus der Karibik an und halten das Förderband am Laufen. In den Polargebieten friert Wasser zu Eis, das Salz bleibt im Meer zurück, Salzgehalt und Dichte des Wassers steigen zusätzlich und verstärken den Sogeffekt. Unterschiede in Temperatur und Salzgehalt bewirken also zusammen die thermohaline – von griechisch »thermos« (»Wärme«) und »halos« (»Salz«) – Zirkulation der Wassermassen. Als nordatlantisches Tiefenwasser fließt der Strom dann zurück nach Süden.

Höhenlage und Relief

Weitere Einflussfaktoren für das Klima der Emscher-Lippe-Region sind die Höhe über dem Meeresspiegel – man sagt auch Normalhöhennull (NHN) – und das Relief, also die Geländeform. Die Höhe über dem Meeresspiegel ist entscheidend, da die Temperaturen um etwa ein halbes Grad Celsius pro 100 Meter Höhenanstieg abnehmen. In der Westfälischen Bucht, dem südlichsten Fortsatz der Norddeutschen Tiefebene, liegt die Emscher-Lippe-Region durchschnittlich etwa 100 Meter über Normalhöhennull. Die Region ist durch eine flache Landschaft geprägt.



Abbildung 17

Auch das Relief ist für das regionale Klima von Bedeutung. Hier sind vor allem Höhe und Verlauf von Gebirgen wichtige Größen, da sie Einfluss auf die Niederschlagsbildung haben. Beispielsweise schließen sich östlich an die Emscher-Lippe-Region der Teutoburger Wald und das Eggegebirge, in dem die Lippe entspringt, an. Diese Mittelgebirgszüge sind etwa 400 Meter hoch und bewirken, dass der überwiegend aus Westen kommende Wind durch die Gebirge angehoben wird. Die Luft kühlt sich mit zunehmender Höhe ab, die Feuchtigkeit kondensiert und bildet Wolken. Diese Wolken regnen sich dort auf der dem Wind zugewandten Seite – der Luv-Seite – ab und bringen hohe Niederschlagsraten mit sich. Auf die Emscher-Lippe-Region haben die Mittelgebirge kaum Einfluss, weil der Wind diese Region noch ungehindert passieren kann. Daher sind die Niederschläge hier geringer als an der Luv-Seite des Teutoburger Walds.

Das Wichtigste in Kürze

- Lokale Einflussfaktoren für das Klima der Emscher-Lippe-Region sind der geografische Längen- und Breitengrad sowie topografische Faktoren wie die Höhe über dem Meeresspiegel und das Geländere relief.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Wie werden Wetterdaten gesammelt?



1.1.1

Wenn du dir im Fernsehen den Wetterbericht anschaust, dann ist da die Rede von Hoch- und Tiefdruckgebieten, von Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen. Du erfährst, ob es regnen oder schneien wird, ob die Sonne scheint oder ob es neblig wird. Temperaturen für morgens, mittags und abends werden genannt, so dass du weißt, ob du eine Jacke brauchst oder nur ein T-Shirt. Das ist schon ganz praktisch, oder?



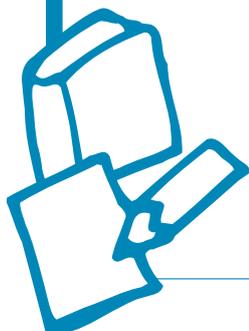
Ohne Wetterberichte wäre es für viele Berufe schwierig, die Arbeit vernünftig zu planen. Bauern müssen zum Beispiel wissen, wann es warm genug ist, neu zu säen, oder wann es Zeit für die Ernte wird, damit der drohende Regen nicht alles zerstört. Aber auch für dich ist es wichtig zu wissen, wie das Wetter wird. Wenn du eine Gartenparty planst, wäre es schade, wenn es gerade dann gießt und kalt ist. Da nützt dann auch der warme Grill nichts mehr. Oder wenn deine Schule ein Sportfest geplant hat und es so stark regnet, dass die Sprunggrube eher einem Schwimmbad gleicht. Natürlich ist Sport auch bei großer Hitze nicht empfehlenswert. Deshalb sammeln Wetterstationen Informationen und helfen so, das Wetter vorauszusagen. Heute klappt das schon sehr gut.

Aber wie ist das in anderen Ländern? Klar, wenn du einen amerikanischen Sender einschaltest, siehst du da, wie das Wetter in New York oder in Boston wird. Die Sprecher verwenden dieselben Begriffe wie die deutschen »Wetterfrösche«. Auch die Bilder, die sie zeigen, sehen unseren sehr ähnlich. Nur die Maßeinheiten, die sie verwenden, sind uns nicht so gut bekannt. Sie reden da von Meilen pro Stunde, Gallonen und Fahrenheit. Oder was bedeutet der Begriff »square foot«? Wenn du also wissen willst, wie viel Regen in San Francisco fallen wird, musst du die Mengen umrechnen, also zum Beispiel Gallonen in Liter. Es ist eben doch nicht alles gleich.

Eure Aufgaben:



- ➔ Sucht in Schulbüchern die Stichworte »Regenmenge«, »Grad Celsius«, »Hektopascal« und »Anemometer« heraus. Versucht die Erklärungen mit eigenen Worten wiederzugeben.
- ➔ Stellt fest, mit welchen Geräten diese Daten erhoben werden.
- ➔ Findet heraus, wie man diese Geräte ganz einfach nachbauen kann.
- ➔ Jetzt müsst ihr sie noch ausprobieren.
- ➔ Stellt eure Ergebnisse in der Klasse vor.



Dieses Arbeitsblatt wurde mit Unterstützung von Carola Soltau, Gesamtschule Horst, Gelsenkirchen, erstellt.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Wie werden Wetterdaten gesammelt?



1.1.2

Wenn du dir im Fernsehen den Wetterbericht anschaust, dann ist da die Rede von Hoch- und Tiefdruckgebieten, von Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen. Du erfährst, ob es regnen oder schneien wird, ob die Sonne scheint oder ob es neblig wird. Temperaturen für morgens, mittags und abends werden genannt, so dass du weißt, ob du eine Jacke brauchst oder nur ein T-Shirt. Das ist schon ganz praktisch, oder?



Ohne Wetterberichte wäre es für viele Berufe schwierig, die Arbeit vernünftig zu planen. Bauern müssen zum Beispiel wissen, wann es warm genug ist, neu zu säen, oder wann es Zeit für die Ernte wird, damit der drohende Regen nicht alles zerstört. Aber auch für dich ist es wichtig zu wissen, wie das Wetter wird. Wenn du eine Gartenparty planst, wäre es schade, wenn es gerade dann gießt und kalt ist. Da nützt dann auch der warme Grill nichts mehr. Oder wenn deine Schule ein Sportfest geplant hat und es so stark regnet, dass die Sprunggrube eher einem Schwimmbad gleicht. Natürlich ist Sport auch bei großer Hitze nicht empfehlenswert. Deshalb sammeln Wetterstationen Informationen und helfen so, das Wetter vorauszusagen. Heute klappt das schon sehr gut.

Aber wie ist das in anderen Ländern? Klar, wenn du einen amerikanischen Sender einschaltest, siehst du da, wie das Wetter in New York oder in Boston wird. Die Sprecher verwenden dieselben Begriffe wie die deutschen »Wetterfrösche«. Auch die Bilder, die sie zeigen, sehen unseren sehr ähnlich. Nur die Maßeinheiten, die sie verwenden, sind uns nicht so gut bekannt. Sie reden da von Meilen pro Stunde, Gallonen und Fahrenheit. Oder was bedeutet der Begriff »square foot«? Wenn du also wissen willst, wie viel Regen in San Francisco fallen wird, musst du die Mengen umrechnen, also zum Beispiel Gallonen in Liter. Es ist eben doch nicht alles gleich.

Eure Aufgaben:



- ➔ Stellt fest, welche Geräte für die Wetterbeobachtung gebraucht werden.
- ➔ Vergleicht alte Messgeräte mit modernen Geräten (Bücher/Internet).
- ➔ Wenn ihr Wetterdaten aus verschiedenen Ländern vergleichen wollt, müsst ihr noch etwas Besonderes tun.
- ➔ Findet heraus, wie viele Messungen für eine gute Voraussage notwendig sind.
- ➔ Stellt fest, wie die Wettervorhersage in Deutschland funktioniert.
- ➔ Präsentiert eure Ergebnisse in der Klasse.

Dieses Arbeitsblatt wurde mit Unterstützung von Carola Soltau, Gesamtschule Horst, Gelsenkirchen, erstellt.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Das Klima in deiner Region



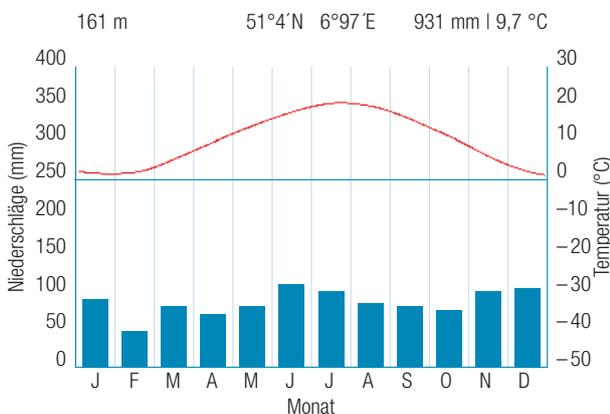
Mithilfe von Klimadiagrammen kann man Aussagen über das Klima einer Region treffen. In den Klimadiagrammen werden Durchschnittswerte verarbeitet. Um also die Entwicklung der Temperatur innerhalb von 30 Jahren darzustellen, nimmt man die durchschnittliche Temperatur eines Jahrs von Januar bis Dezember und vergleicht dann die einzelnen Jahre miteinander. Genauso kann man auch die Niederschlagsmengen aufzeichnen. Alle diese Daten über einen Zeitraum von 30 Jahren werden dann in einem großen Diagramm dargestellt.



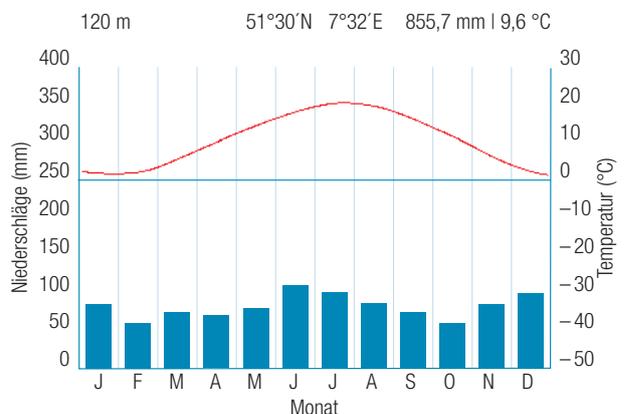
Beim Vergleich unterschiedlicher Städte oder Regionen sieht man sehr schnell, welche Stadt oder Region mehr kontinental oder mehr ozeanisch liegt. So weisen Küstenstädte in der Regel weniger starke Temperaturschwankungen auf als Städte, die weit im Landesinnern liegen. Land und Wasser erwärmen sich unterschiedlich schnell und geben ebenfalls sehr unterschiedlich schnell ihre gespeicherte Wärme ab.

Das Meer hat einen dämpfenden Einfluss auf die Temperaturen. Wenn du im Sommer Urlaub am Meer machst, merkst du, dass auch bei großer Wärme immer ein wenig Wind weht und es deshalb immer ganz angenehm bleibt. Aber nicht nur der Wind lässt die Temperaturen milder werden, sondern auch das Wasser, das im Sommer kühlend wirkt. Im Winter gibt das Wasser die gespeicherte Wärme wieder an die Luft ab, mit der Folge, dass es nicht so kalt wird.

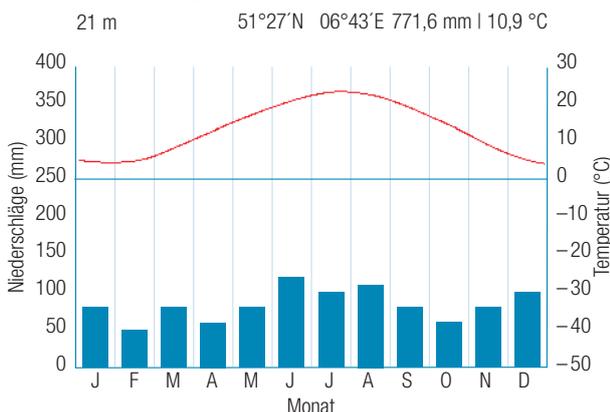
Klimadiagramm Essen



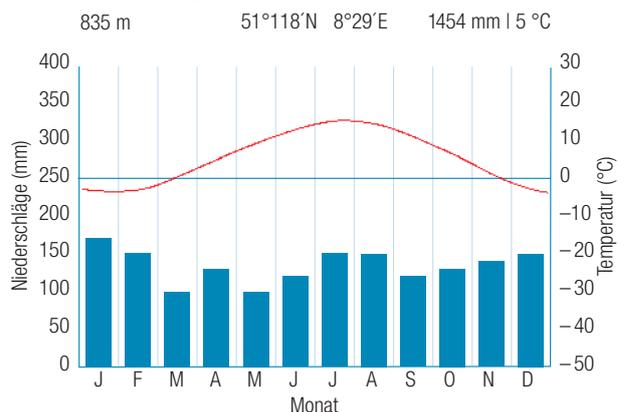
Klimadiagramm Dortmund



Klimadiagramm Duisburg (Laar)



Klimadiagramm Kahler Asten (Winterberg)



Quelle: www.klimadiagramme.de

Name _____

Datum _____

Klasse _____

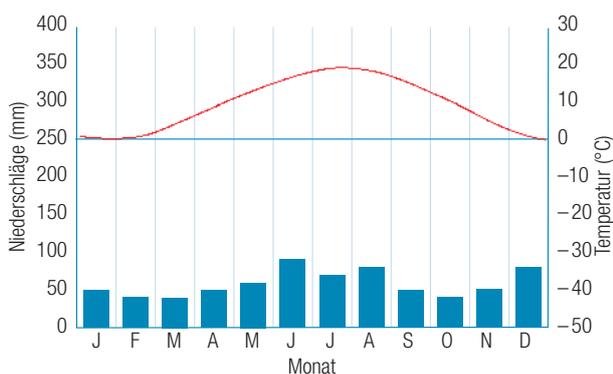


1.2.2

ARBEITSBLATT | Das Klima in deiner Region

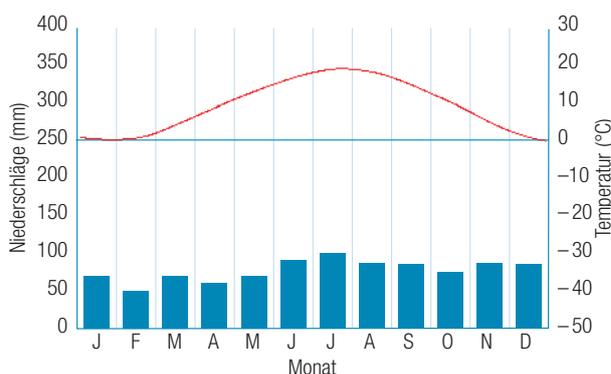
Klimadiagramm Berlin (Alexanderplatz)

37 m 52°31'N 13°25'E 581,7 mm | 9,8 °C



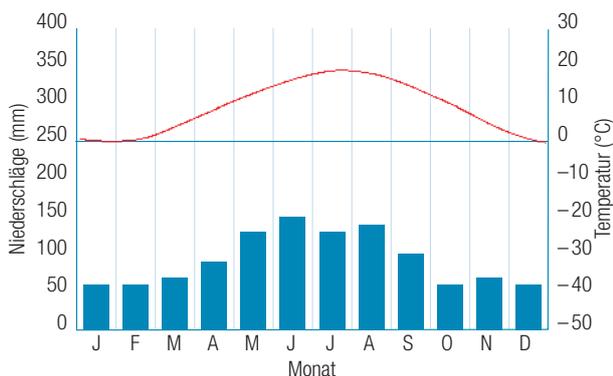
Klimadiagramm Hamburg (Fuhlsbüttel)

15 m 53°63'N 10°E 769 mm | 8,6 °C



Klimadiagramm München

515 m 48°09'N 11°32'E 974,4 mm | 9,1 °C

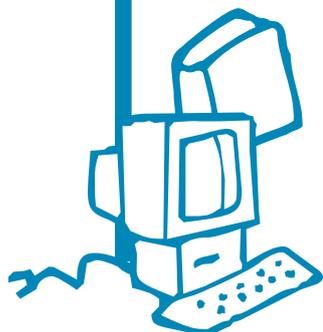


Grafik 19

Eure Aufgaben:



- ➔ Beschreibe die Klimadiagramme von Essen, Dortmund, Kahler Asten, Berlin, Hamburg und München. Stelle Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede heraus!
- ➔ Schau im Atlas nach, wo die Städte liegen. Welche Stadt ist stärker kontinental?
- ➔ Suche im Internet heraus, wo sich die deinem Wohn- beziehungsweise Schulort nächstgelegene Wetterstation befindet.
- ➔ Erstelle mithilfe der im Internet zugänglichen Daten in Gruppenarbeit ein Klimadiagramm deines Wohn- beziehungsweise Schulorts.



Dieses Arbeitsblatt wurde mit Unterstützung von Carola Soltau, Gesamtschule Horst, Gelsenkirchen, erstellt.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Meine eigene Wettervorhersage



Mit einfachen Beobachtungen kann man selbst das Wetter vorhersagen. Meist klappt das nur für einen Tag, aber es macht Spaß, und wenn es klappt, bringt man andere Menschen zum Staunen. Dazu musst du aber auch genau beobachten, was gerade wettermäßig passiert.



Wenn im Sommer morgens die Sonne tief-orangerot aufgeht, kannst du davon ausgehen, dass es regnen wird. Wenn du eine Grasfläche frühmorgens ohne Tau antriffst, ist die Regen-

wahrscheinlichkeit hoch. Dreht sich der Wind im Laufe des Tags, dann ändert sich meist auch das Wetter.

Eure Aufgaben:



- ➔ Suche dir im Internet heraus, was man beobachten muss, um selbst »Wetterfrosch« zu spielen.
- ➔ Du kannst auch alte Bauernregeln zu Hilfe nehmen. Manche davon sind sicher sehr vernünftig.
- ➔ Wenn du noch Großeltern oder ältere Verwandte hast, kannst du diese befragen, wie sie die Beobachtungen einschätzen.
- ➔ Vergleiche dann deine eigenen Voraussagen mit denen aus dem Fernsehen oder dem Internet.

Hat es geklappt?



Dieses Arbeitsblatt wurde mit Unterstützung von Carola Soltau, Gesamtschule Horst, Gelsenkirchen, erstellt.

Notizen

Dotted grid area for notes.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

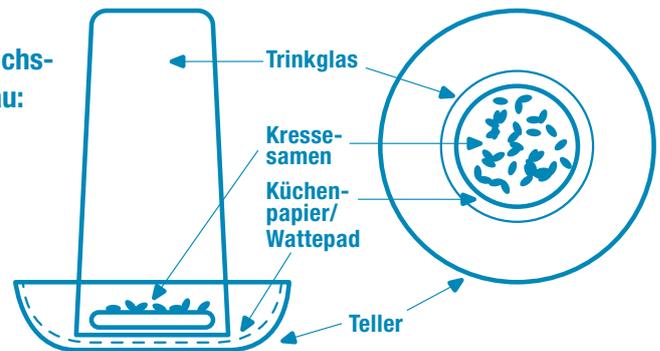
Wachstumsbedingungen für Pflanzen prüfen



Das braucht ihr für das Experiment:

- | zwei flache, kleine Teller oder Glasteller
- | ein Trinkglas mit breiter Öffnung
- | Küchenrolle oder Wattepad
- | Kressesamen
- | Wasser

Versuchs- aufbau:



So geht ihr vor:



- ➔ Faltet die Küchenrollenblätter so, dass sie auf die Teller passen. Die Wattepad legt ihr aufeinander. Tränkt sie mit Wasser, bis sie richtig feucht sind, aber nicht zu nass, der Samen darf nicht im Wasser schwimmen!
- ➔ Bestreut beide Papierstapel mit Kressesamen.
- ➔ Stellt auf einen der Teller über den Samen das Trinkglas. Achtet darauf, dass der Samen nur unter dem Glas liegt.
- ➔ Stellt beide Teller an einen sonnigen Platz auf der Fensterbank.
- ➔ Gebt Wasser dazu, wenn das Papier trocken wird.
- ➔ Beobachtet circa fünf Tage lang, was passiert.
- ➔ Dokumentiert eure Versuchsergebnisse durch Skizzen oder Fotos.
- ➔ Macht eine Geruchsprobe bei dem Samen mit dem Trinkglas.
- ➔ Was beobachtet ihr noch?
- ➔ Versucht die Beobachtungen zu erklären.



Notizen

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



1.5.2

ARBEITSBLATT | Wachstumsbedingungen für Pflanzen prüfen

Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer

➔ Der Samen unter dem Trinkglas kann schimmeln, weil das Wasser nicht beziehungsweise nur sehr langsam verdunstet. Durch die Geruchspröbe finden die Schülerinnen und Schüler heraus, dass es »müffelt«, ein Hinweis auf beginnende Schimmelbildung. In diesem Fall alles entsorgen und gut reinigen.

Schimmelsporen lösen Allergien aus! Deshalb ist in allen Treibhäusern eine Entlüftung vorgesehen, damit überschüssige Feuchtigkeit entweichen kann. In Wintergärten bildet sich häufig Schimmel, der dann auf andere Gebäudeteile übergreifen kann. Hier helfen nur eine Heizung, die der Nässebildung vorbeugt, und eine gute Entlüftung. Man kann auch kleine Gewächshäuser kaufen, die haben eingebaute Fensterchen, damit es nicht zum »Regenbafall« kommt.

Dieses Arbeitsblatt wurde mit Unterstützung von Carola Soltau, Gesamtschule Horst, Gelsenkirchen, erstellt.

Notizen

A large grid of dots for taking notes, consisting of approximately 30 rows and 40 columns.

Name

Datum

Klasse

ARBEITSBLATT

Wohin der Wind weht – die Corioliskraft



Winde und Meeresströmungen werden durch die Corioliskraft der Erdrotation beeinflusst. Sie führt beispielsweise zur Ablenkung des Winds auf der Nordhalbkugel nach rechts und auf der Südhalbkugel nach links.



Der Wind ist ein wesentlicher Bestandteil unseres Wetters. Wind entsteht unter anderem durch den Austausch von warmer Luft am Äquator und kalter Luft an den Polen. Die warme Luft am Äquator ist leichter als die kalte Luft an den Polen. Ohne die Erddrehung würde die warme Luft am Äquator aufsteigen und am selben Längengrad in Richtung der Pole wehen und dort wieder absinken.

Wie weht der Wind denn tatsächlich zwischen dem Äquator und den Polen?

Ihr arbeitet in Partnerarbeit an folgenden Experimenten.

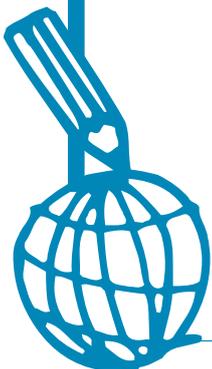
Das braucht ihr für das Experiment:

- ! große Styroporkugeln
- ! farbige Kreide
- ! lange Schaschlikspieße

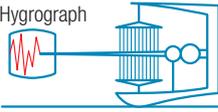
Eure Aufgaben:



- ➔ Findet heraus, wie der Wind zwischen Äquator und den Polen weht. Arbeitet dazu mit einem Partner zusammen!
- ➔ Durchbohrt die Styroporkugel vorsichtig mit einem Schaschlikspieß, der die Erdachse darstellt.
- ➔ Zeichnet mit einem gut sichtbaren Stift einen Äquator um eure Erde.
- ➔ Stellt eine Vermutung an, wie die Linien verlaufen werden und notiert diese Vermutung.
- ➔ Haltet die Erdachse an beiden Enden fest und dreht die Erde langsam von West nach Ost.
- ➔ Einer von euch zeichnet mit Kreide – während der Globus gedreht wird – eine Linie vom Nordpol zum Äquator.
- ➔ Wiederholt den Versuch auf der Südhalbkugel: Zeichnet – während der Globus gedreht wird – eine Linie vom Äquator zum Südpol.
- ➔ Seht euch den Verlauf der Kreidelinien an.
- ➔ Vergleicht den Linienvorlauf mit eurer Vermutung.
- ➔ Gebt eine Erklärung für die Beobachtung.
- ➔ Übertragt eure experimentell gewonnene Erklärung auf die Windströmungen, die vom beziehungsweise zum Äquator fließen.
- ➔ Auf welche Winde hat diese Corioliskraft keinen Einfluss?



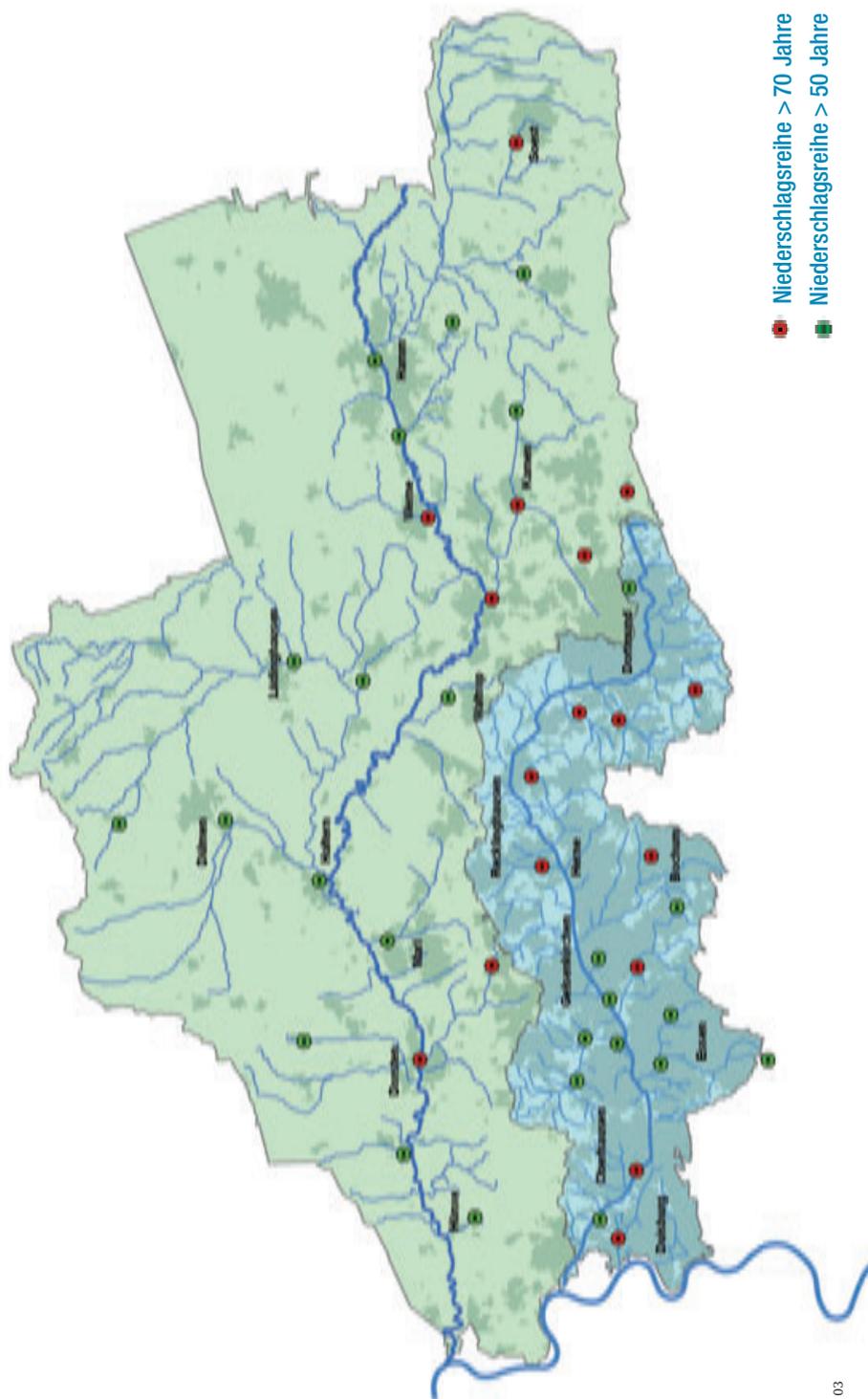
Klimaelemente und ihre Messungen

Klimaelemente	Messinstrumente	Beispiel	Einheit	Details
Temperatur	Thermometer	Flüssigkeitsthermometer 	Grad Celsius (°C) Kelvin (K) · 0 °C = 273	Gefrierpunkt von Wasser = 0 °C Siedepunkt von Wasser = 100 °C Temperaturbereich Erde -70 bis +50 °C
Sonnenstrahlung Intensität Dauer	Pyranometer Pyrheliometer	Pyranometer 	Watt pro Quadratmeter (W/m²) Sonnenscheindauer in Stunden	Der Strahlungseingang auf der Erdoberfläche beträgt im Schnitt 198 W/m².
Luftdruck	Barometer	Dosenbarometer 	Hektopascal (hPa)	Druckbereich auf Meeresebene: 940-1 040 hPa Durchschnitt: 1 013 hPa
Wind	Anemometer (Geschwindigkeit) Windfahne (Richtung)	Schalenkreuzanemometer 	Meter pro Sekunde (m/s) (gemessen in 10 m Höhe)	0 km/h = windstill 120 km/h = Orkan Wirbelstürme über 300 km/h
Bewölkung	Beobachter Kamera Satellit		Bedeckungsgrad in 1/8-Stufen oder beschreibend (sonnig, wolkig ...)	0/8 = wolkenlos 8/8 = bedeckt
Luftfeuchte	Hygrometer Psychrometer	Hygograph 	Prozent (%)	0% = trocken · 100% = Nebel
Niederschlag	Regenmesser	Regenmesser 	Millimeter pro Quadratmeter (mm/m²) 1 mm/m² = 1 l/m²	Jahresmittel: Berlin: 581 mm Kairo: 26 mm Java: 4 117 mm

Grafik 02

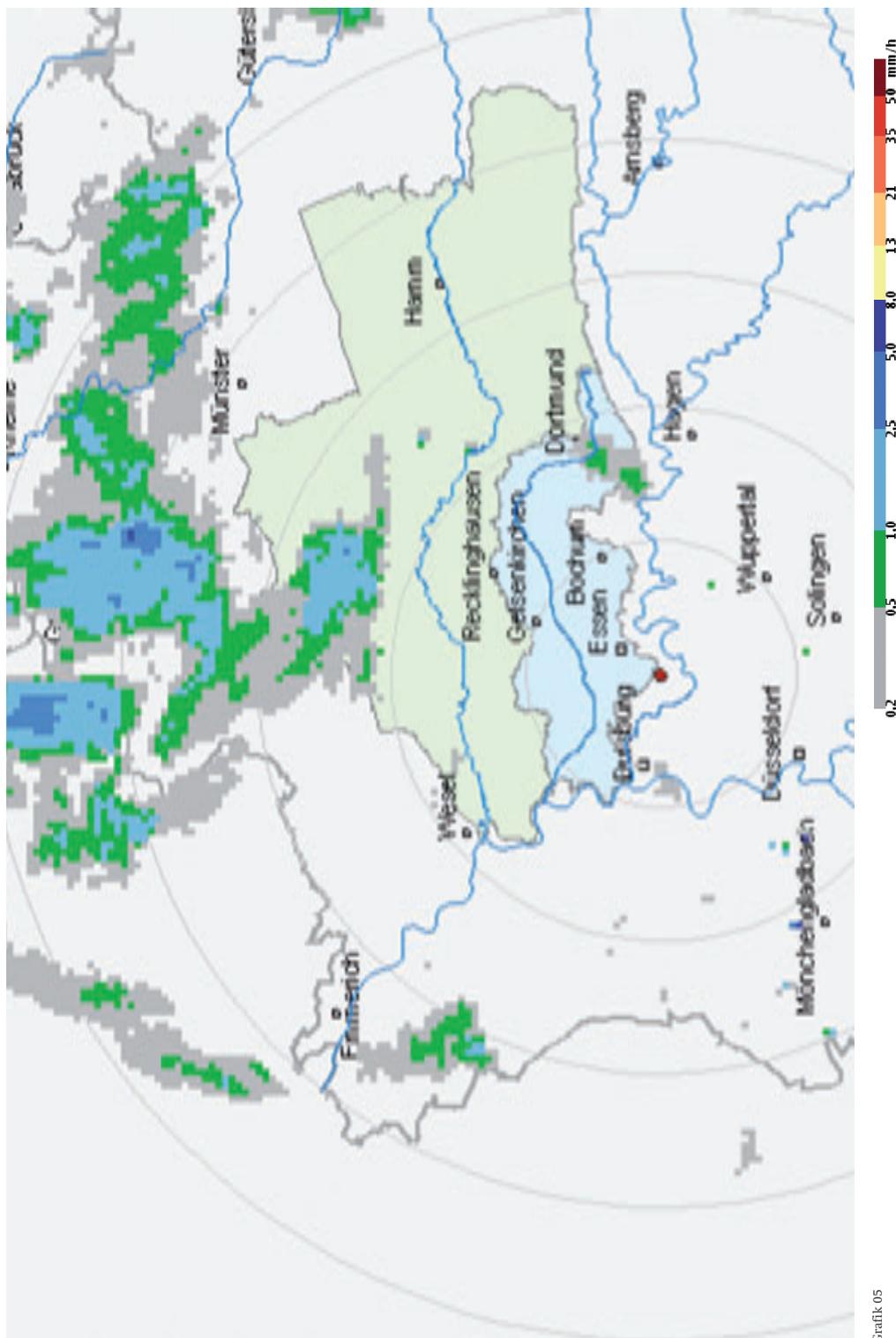
Niederschlagsstationen der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands

Niederschlagsstationen mit Zeitreihen über 50 Jahre



Grafik 03

Regenbeobachtung in der Emscher-Lippe-Region



Grafik 05

FOLIE



Eisbohrkern



Abbildung 15

Das Klima wandelt sich weltweit

2

- › Der Klimawandel | 40
- › Der Mensch als Klimafaktor | 42
- › Der Weltklimarat | 45
- › Was sind Klimamodelle und -szenarien? | 46
- › Die globalen Folgen des Klimawandels | 49
- › Gewinner und Verlierer –
ein Vergleich nach Erdteilen | 53



Abbildung 18

Der Klimawandel

Das Klima auf der Erde war nie stabil. Klimaänderungen hat es seit Beginn der Erdgeschichte immer gegeben. Messungen der letzten 150 Jahre zeigen, dass sich auch heute wieder ein Wandel des Klimas vollzieht.

Die Klimaelemente Temperatur und Niederschlag werden seit circa 150 Jahren regelmäßig aufgezeichnet. Welches Klima davor auf unserer Erde herrschte, konnten Wissenschaftler aus natürlichen Klimaarchiven wie Eis oder Baumringen sowie aus historischen Dokumenten in vielen Bereichen ableiten. Damit ist es möglich, das heutige Klima mit dem Klima von früher zu vergleichen.

Globale Erwärmung

So hat sich beispielsweise in den letzten 100 Jahren die Globaltemperatur im Mittel um 0,74 Grad Celsius erwärmt. Dies scheint zunächst nicht viel. Erst der Vergleich mit historischen Daten macht die Dimension deutlich: Auch während der Eiszeiten war die globale Durchschnittstemperatur der Erde nur um vier bis sechs Grad Celsius geringer als

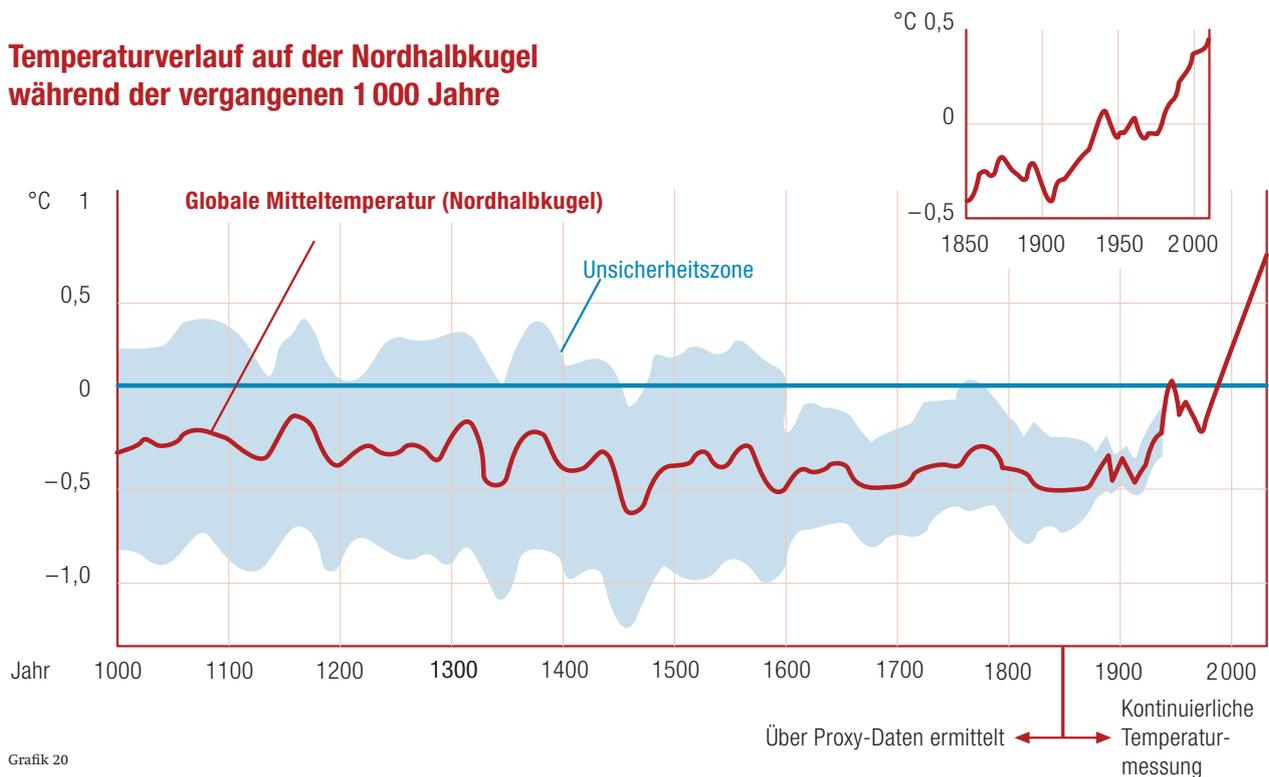
heute – und damals konnten Gletscher beispielsweise in der Saale-Eiszeit teilweise bis nach Dortmund vorstoßen. Während des »holozänen Optimums« lag die Durchschnittstemperatur »nur« 2 bis 2,5 Grad Celsius über der jetzigen – was zu einem deutlichen Anstieg des Meeresspiegels führte. Die Hälfte der heutigen Niederlande lag damals unter Wasser.

Betrachtet man nun die vergangenen 15 Jahre, so ist festzustellen, dass der Temperaturanstieg deutlich schneller verläuft: Von 1995 bis heute gab es elf der zwölf wärmsten Jahre seit 1850. In der Arktis steigen die Temperaturen sogar noch markanter – doppelt so stark wie im globalen Mittel.

- > Klimaänderungen
- > Globale Erwärmung
- > Meeresspiegelanstieg
- > Verminderung der schnee- und eisbedeckten Fläche
- > Starkregen

F 2.1
2.2

Temperaturverlauf auf der Nordhalbkugel während der vergangenen 1 000 Jahre



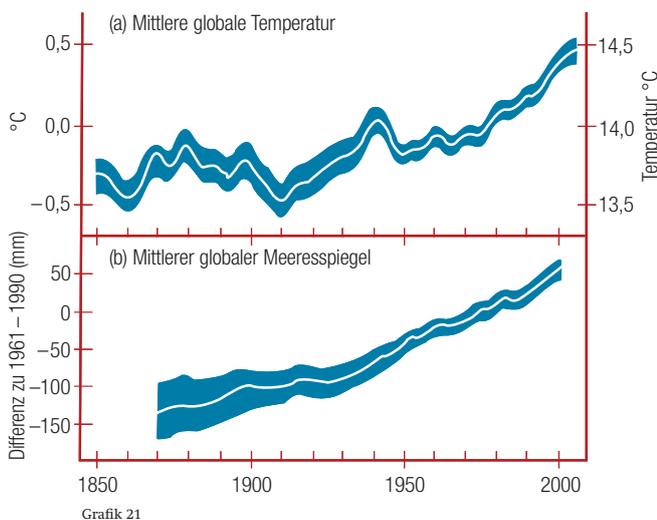
Grafik 20

Darüber hinaus haben die Wissenschaftler weitere Veränderungen ermittelt. Danach ist die schnee- und eisbedeckte Fläche seit 1980 weltweit um etwa fünf Prozent zurückgegangen. Vor allem die Eisschilde auf Grönland und in der Antarktis verlieren an Masse. Auch das schwimmende Eis der Arktis nimmt immer weiter ab.

Zudem sind unsere Meere wärmer geworden. Der Temperaturanstieg ist bis zu einer Tiefe von 3 000 Metern messbar. Da sich wärmeres Wasser stärker ausdehnt als kälteres, steigt der mittlere globale Meeresspiegel: von 1961 bis 2003 pro Jahr um durchschnittlich 1,8 Millimeter.

Seit 1993 liegt die Zunahme jedoch bei durchschnittlich etwa drei Millimetern pro Jahr. Noch ist den Forschern nicht klar, ob es sich bei diesem neuerlichen Anstieg um eine Schwankung handelt oder ob sich daraus gar ein Trend ablesen lässt.

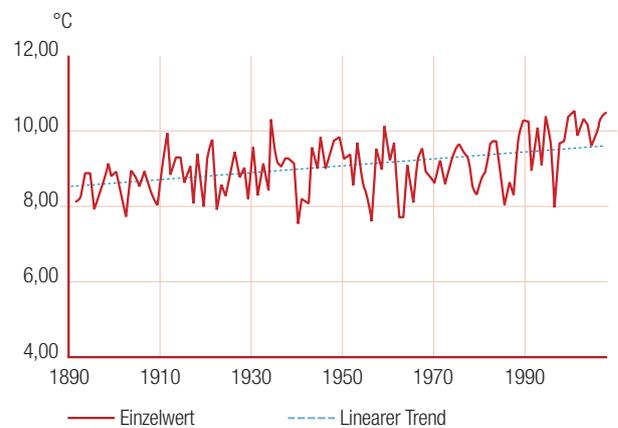
Veränderung der Temperatur und des Meeresspiegels seit 1850



Die Beobachtungen der Wissenschaftler machen außerdem deutlich, dass die Häufigkeit heftiger Niederschläge, der sogenannten Starkregenfälle, weltweit zunimmt. Und in den vergangenen 50 Jahren waren weit verbreitete Veränderungen bei den Temperaturextremen auffällig: Kalte Tage, kalte Nächte und Frost sind seltener geworden, während die Anzahl heißer Tage und Nächte sowie der Hitzewellen steigt.

Auch auf regionaler Ebene lässt sich der Klimawandel darstellen, wie die folgende Grafik mit den Temperaturjahresmitteln für Nordrhein-Westfalen seit 1890 zeigt.

Temperatur in Nordrhein-Westfalen seit 1890



Graphik 22

Das Wichtigste in Kürze

- In den letzten 100 Jahren hat sich die Globaltemperatur im Mittel um 0,74 Grad Celsius erhöht.
- Mit der globalen Erwärmung sind weitere Folgen verbunden, wie der Anstieg des Meeresspiegels, die Verminderung der schnee- und eisbedeckten Fläche sowie das häufigere Auftreten von Starkregenereignissen.

Der Mensch als Klimafaktor

Die Geschichte unseres Klimas zeigt, dass es seit Entstehung der Erde immer Klimaschwankungen gegeben hat. Ursachen hierfür waren natürliche Veränderungen der Klimafaktoren wie beispielsweise der Sonneneinstrahlung, der Atmosphäre oder der Meeresströmungen. Wo aber liegen die Gründe für heutige Klimaänderungen?

- > Treibhausgase
- > Industrialisierung
- > Fossile Energieträger
- > Anthropogener Treibhauseffekt

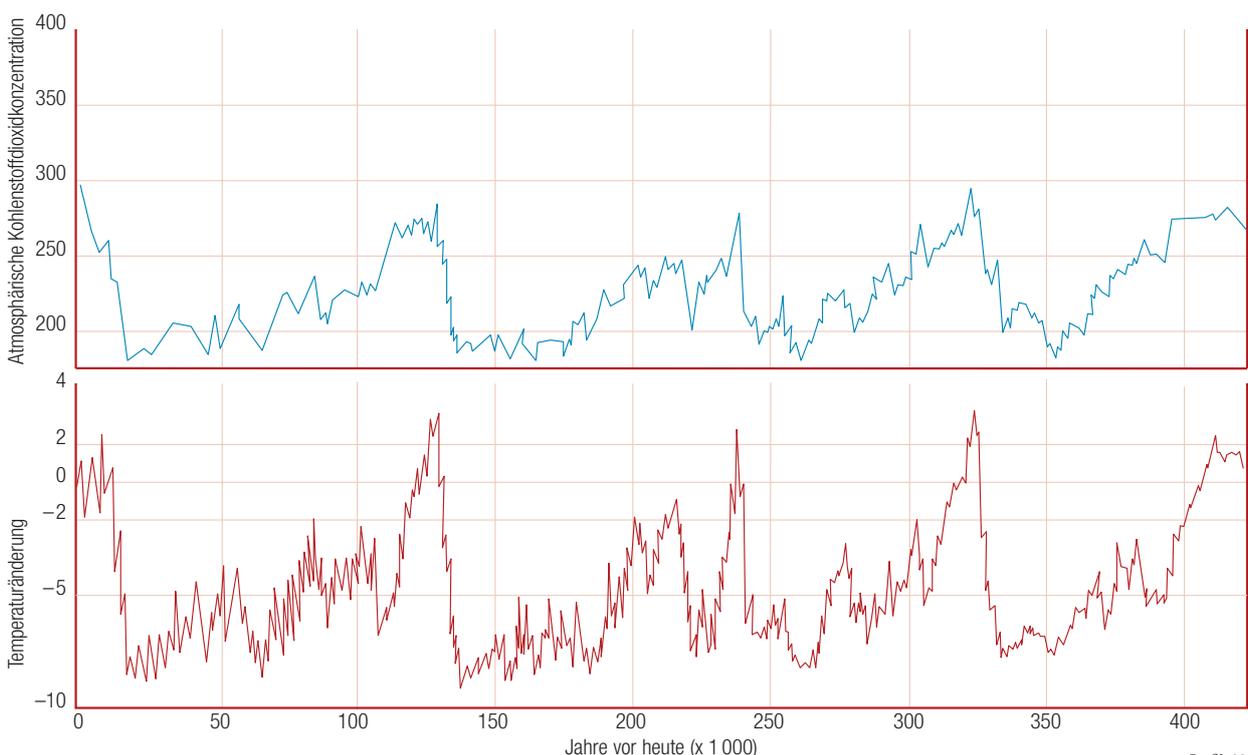


2.1
2.2

Wissenschaftlich ist nachgewiesen, dass es eine enge Parallelität zwischen den schwankenden Temperaturen auf der Erde und dem Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre gibt: Eine Zu- oder Abnahme des Kohlenstoffdioxids führt immer zu einer entsprechenden Änderung der Temperatur, das heißt, hohe Temperaturen waren mit einem hohen Kohlenstoffdioxidanteil verbunden, niedrige Temperaturen mit einem niedrigen Kohlenstoffdioxidanteil. Dies ist höchstwahrscheinlich auf die Rolle des Kohlenstoffdioxids als Treibhausgas zurückzuführen – und es zeigt uns die große Bedeutung des Kohlenstoffdioxids für unser Klimasystem.

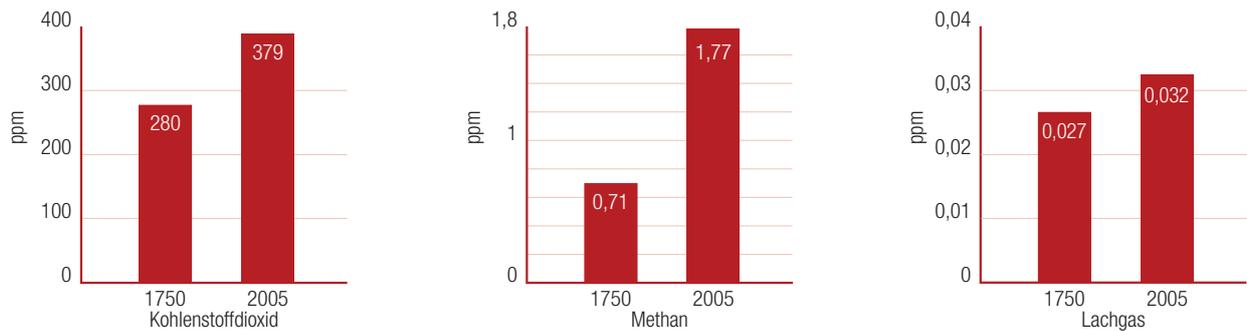
Der Kohlenstoffdioxidanteil der Atmosphäre war im Laufe der Erdgeschichte immer starken Schwankungen unterworfen. Aus Eisbohrkernen konnten Forscher eine Bandbreite von 180 bis 300 ppm für die vergangenen 650 000 Jahre ermitteln. Die Einheit ppm bedeutet parts per million (Teile pro einer Million Teile). Aber seit dem Jahr 1750 stieg der Anteil des Kohlenstoffdioxids in der Atmosphäre deutlich an, auf bislang 385 ppm (2008). Das entspricht 0,04 Prozent. Damit übertrifft die aktuelle Kohlenstoffdioxidkonzentration die bisherige natürliche Bandbreite bei weitem.

Die Kohlenstoffdioxidkonzentration und die globale Mitteltemperatur im Vergleich



Grafik 23

Änderung der Konzentration klimawirksamer Gase



Grafik 24

Doch nicht nur das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid ist seit 1750 in verstärkter Konzentration in der Atmosphäre zu finden. Auch der Anteil der anderen wichtigen klimawirksamen Gase Methan und Lachgas (Distickstoffmonoxid) hat sich deutlich erhöht.

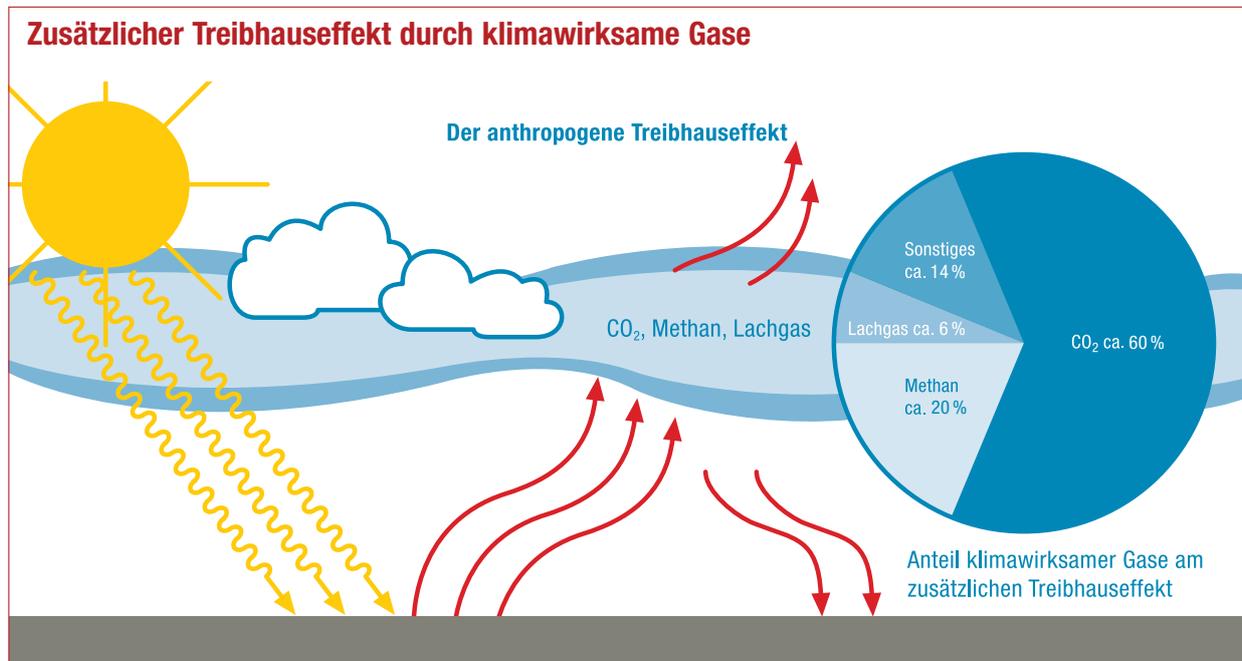
Welche Folgerungen zieht die Wissenschaft nun daraus? Die Schwankungen der anderen Klimafaktoren können den überdurchschnittlichen Temperaturanstieg auf der Erde in den letzten Jahrzehnten allein nicht ausreichend erklären. Daher vermuten die Klimaforscher mit einem – wie sie es selbst nennen – »sehr hohen Vertrauen«, dass er auf den wachsenden Anteil des Kohlenstoffdioxids und der anderen Treibhausgase an der Atmosphäre zurückzuführen ist.

Der anthropogene Treibhauseffekt

Was aber hat den Anstieg der Treibhausgase seit dem Jahr 1750 ausgelöst? Zu dieser Zeit begann die Industrialisierung in Europa. Die Dampfmaschine wurde erfunden und übernahm in großen Fabriken Arbeiten, die vorher Menschen oder Tiere erledigen mussten. Weitere wichtige Erfindungen waren die Dampflokomotive und das Automobil. Um all diese Maschinen zu betreiben, braucht man Energie und die erhielt man durch die Verbrennung von Kohle, später auch von Erdöl und Erdgas, den sogenannten fossilen Energieträgern. Unser Bedarf an Energie ist seit Beginn des Industriezeitalters ständig gestiegen, da industrielle Produktion und Mobilität immer wichtiger für unsere Gesellschaft wurden.



Abbildung 19



Grafik 25

Auch heute noch gewinnen wir den größten Teil der benötigten Energie aus fossilen Energieträgern. In ihnen ist sehr viel Kohlenstoff gespeichert, der vor Millionen von Jahren der Atmosphäre entzogen wurde. Freigesetzt durch die Verbrennung gelangt dieser nun wieder als Kohlenstoffdioxid zurück in die Atmosphäre. Wir nennen dies Kohlenstoffdioxidemission. Das Wort Emission kommt von dem Lateinischen »emittere« und bedeutet »herausschicken«. Bei der Erhöhung der Methan- und Lachgasemissionen hat der Mensch ebenfalls seine Hände im Spiel. Sie sind in den vergangenen Jahrhunderten insbesondere durch die Landwirtschaft stark gestiegen, etwa im Rahmen von Viehzucht, Düngung und Reisanbau.

Der Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre verstärkt nun den ohnehin vorhandenen natürlichen Treibhauseffekt: Mehr klimawirk-

same Gase führen dazu, dass weniger langwellige Wärmestrahlung über die Atmosphäre ins Weltall abgegeben wird. Somit erhöht sich die Temperatur auf der Erde. Dieser zusätzliche Treibhauseffekt wird auch anthropogener – vom griechischen »anthropos« (»Mensch«) und »genese« (»Erzeugung/Erschaffung«) – Treibhauseffekt genannt, weil er durch den Menschen verursacht sein soll.

Das Wichtigste in Kürze

- Die globale atmosphärische Konzentration von Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas ist als Folge menschlicher Aktivitäten seit Beginn der Industrialisierung markant angestiegen.
- Sie übertrifft die aus Eisbohrkernen über viele Jahrtausende bestimmten vorindustriellen Werte bei weitem.
- Der durch den Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgase soll den natürlichen Treibhauseffekt verstärken. Dieser Effekt wird anthropogener Treibhauseffekt genannt.

Der Weltklimarat

Nachdem sich weltweit die Hinweise auf schleichende und durch den Menschen verursachte Klimaveränderungen verdichteten, wurde im Jahr 1988 auf Initiative der Vereinten Nationen der sogenannte Weltklimarat gegründet. Der offizielle Titel dieses wissenschaftlichen Beratungsgremiums, das seinen Sitz in Genf hat, lautet Intergovernmental Panel on Climate Change (auf Deutsch: Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen). Abgekürzt bezeichnet man den Weltklimarat als IPCC.

- › IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
- › Arbeitsweise des Weltklimarats
- › Aktueller Stand der Klimaforschung

Die zentrale Aufgabe des IPCC ist es, den wissenschaftlichen Sachstand über den Klimawandel, seine Folgen und mögliche Vermeidungsstrategien zusammenzutragen und objektiv zu beurteilen. Zu den wichtigsten Veröffentlichungen des IPCC zählen die regelmäßig erscheinenden Sachstandsberichte. Bisher wurden vier Berichte verfasst, der aktuelle stammt aus dem Jahr 2007. Für seine Arbeit erhielt der IPCC 2007 – zusammen mit dem früheren amerikanischen Vizepräsidenten Al Gore – den Friedensnobelpreis.

Der vierte Sachstandsbericht hat die wissenschaftlichen Zweifel am menschenverursachten Treibhauseffekt in höchstem Maße ausgeräumt. Im dritten Sachstandsbericht, der 2001 erschien, fielen die Aussagen der Wissenschaftler noch deutlich vorsichtiger aus. Damals stellte der Weltklimarat lediglich fest, dass die Schuld am Klimawandel wahrscheinlich der Mensch hat.



Abbildung 20

Der IPCC konzentriert das weltweite Wissen zum Klimawandel

Doch wie kommt der Weltklimarat zu seinen Ergebnissen? Der IPCC betreibt keine eigene Forschungsarbeit. Diese wird in Instituten, Forschungseinrichtungen und Universitäten überall auf der Welt geleistet. Die Erarbeitung eines IPCC-Berichts ist eine komplexe Angelegenheit, die in einzelnen Arbeitsschritten erfolgt und sich über einen Zeitraum von etwa fünf Jahren erstreckt. Insgesamt sind die Sachstandsberichte des IPCC mehrere 1 000 Seiten stark. Hunderte von Wissenschaftlern aus aller Welt, darunter 56 aus Deutschland, haben an dem vierten Sachstandsbericht des IPCC aktiv mitgewirkt. Basis ist die gesamte wissenschaftliche Literatur zum Klimawandel. Sie wurde gesichtet, beurteilt und daraus der Konsens der Forscher abgeleitet. Auch abweichende Positionen kommen zur Diskussion und Veröffentlichung. Aufgrund dieser Arbeitsweise bieten die Sachstandsberichte des IPCC zurzeit die sicherste Datengrundlage zum Klimawandel, die wir haben. Sie sind die Basis für alle wichtigen klimapolitischen Entscheidungen.

Das Wichtigste in Kürze

- Die regelmäßig erscheinenden Sachstandsberichte des Weltklimarats (IPCC) enthalten die umfassendsten und aktuell abgesicherten Erkenntnisse zu den durch den Menschen verursachten Klimaänderungen. Sie werden schrittweise erarbeitet und gelten weltweit als Basis für klimapolitische Entscheidungen.

Was sind Klimamodelle und -szenarien?

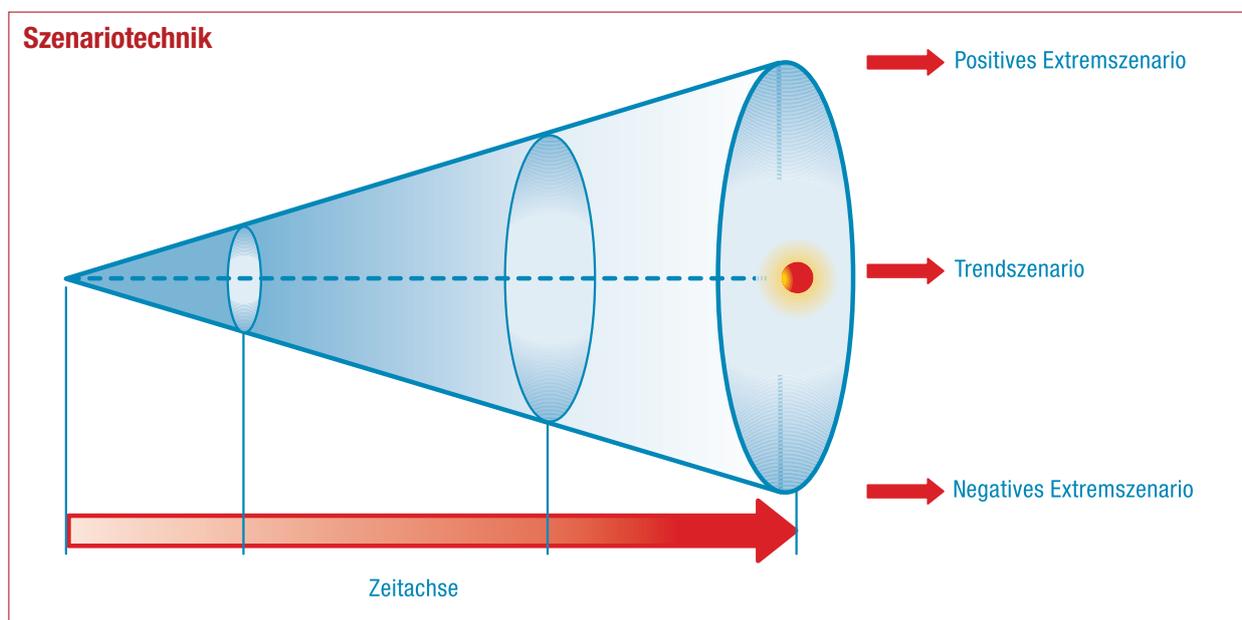
Wesentlicher Bestandteil der Klimaforschung sind sogenannte Klimamodelle – das Handwerkszeug der Wissenschaftler. Sie bilden das Klimasystem mit seinen Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozessen modellhaft ab. Mit ihrer Hilfe werden Klimauntersuchungen und -prognosen erarbeitet. Dass zuverlässige Prognosen schwierig sind, wissen wir schon, wenn wir den täglichen Wetterbericht verfolgen und immer wieder feststellen, dass das Wetter ganz anders ist als angekündigt. Noch komplizierter gestalten sich Klimavorhersagen: Hier versucht man zum Beispiel, die Entwicklung der Durchschnittstemperatur für die nächsten Jahre vorzusagen.

- > Klimamodelle
- > Klimaszenarien
- > Klimaprojektionen



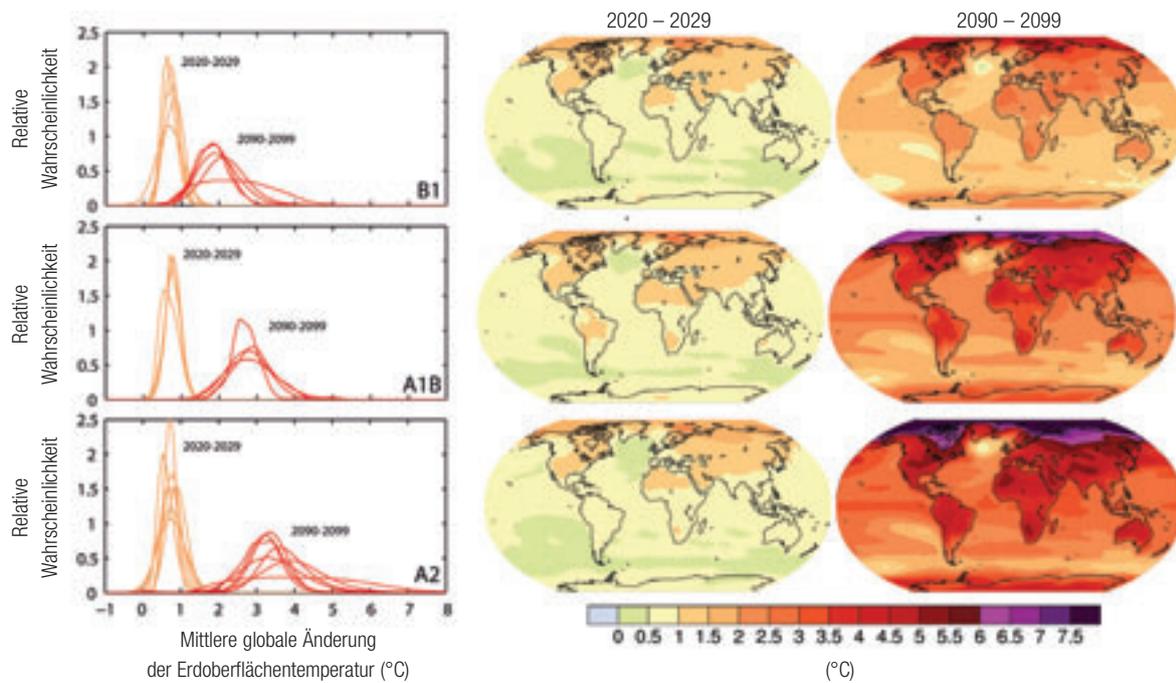
Warum werden überhaupt so komplexe Modellrechnungen durchgeführt? Sie helfen uns beispielsweise die Auswirkungen eines weiteren Anstiegs der Treibhausgaskonzentration abzuschätzen. Im Rahmen von Klimaprojektionen lässt sich die Reaktion des Klimasystems, das modellhaft dargestellt wird, auf verschiedene Zukunftsszenarien übertragen. Denn bei der Betrachtung der möglichen künftigen Klimaentwicklung ist es entscheidend, dass man auch Faktoren, die unsere Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Technologieentwicklung beeinflussen, berücksichtigt. Hierzu werden sogenannte Klimaszenarien eingesetzt. Dies sind Computersimulationen, die mehrere

alternative Entwicklungsverläufe berechnen. Sie unterscheiden sich zum Beispiel durch unterschiedliche Annahmen bezüglich der Höhe von Kohlenstoffdioxidemissionen oder anderer Betrachtungsgrößen. Die Szenarien sind jedoch keine Prognosen! Sie zeigen in erster Linie die Konsequenzen verschiedener Handlungsalternativen auf und funktionieren nach dem Wenn-dann-Prinzip: »Wenn Kohlenstoffdioxid um x Prozent ansteigen würde, dann führt das zu einer Erwärmung um y Grad Celsius«. Diese Ergebnisse können Politikern schließlich als Grundlage für klimapolitische Entscheidungen dienen.



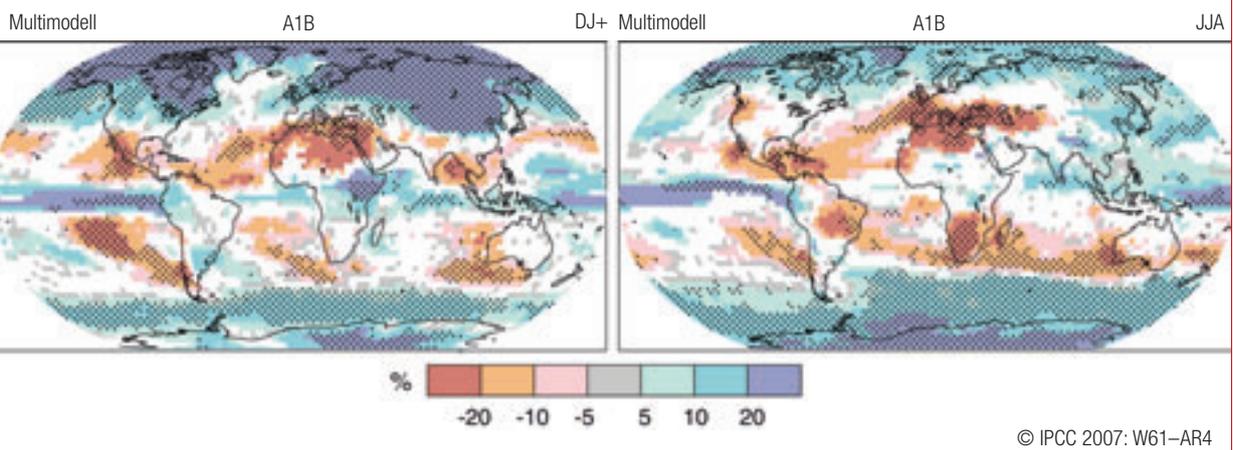
Grafik 26

Modellprojektionen zu den Erdoberflächentemperaturen (4. Sachstandsbericht des IPCC von 2007)



Grafik 27

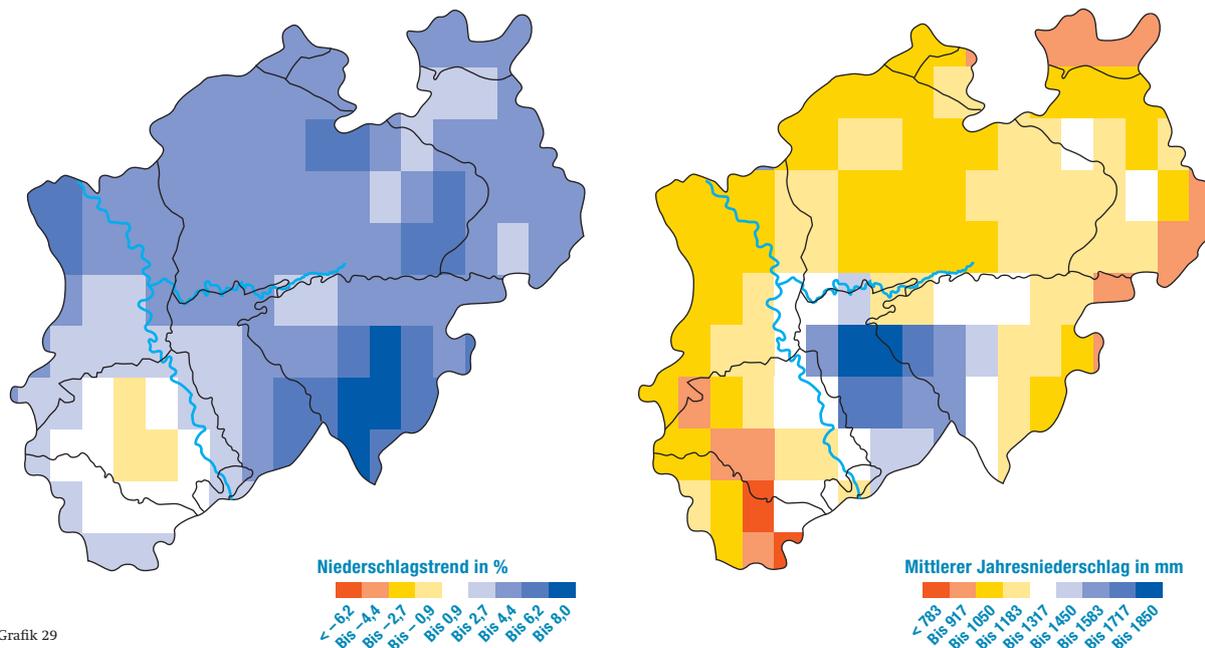
Modellprojektionen zu den Niederschlägen (4. Sachstandsbericht des IPCC von 2007)



© IPCC 2007: W61-AR4

Grafik 28

Klimaszenario für die Niederschläge in Nordrhein-Westfalen



Grafik 29

Sowohl Klimamodelle als auch Klimaszenarien wurden in den letzten drei Jahrzehnten ständig weiterentwickelt. In der Anfangszeit der Arbeit mit Klimamodellen waren lediglich globale Einschätzungen möglich. Heute hat sich die Situation aufgrund der Fortschritte in der Klimaforschung, aber auch auf dem Gebiet der Informationsverarbeitung deutlich verbessert. Jetzt ist es sogar möglich, Klimaszenarien und -projektionen auf die regionale Ebene zu beziehen. So sind wir seit wenigen Jahren in der Lage, diese für Nordrhein-Westfalen zu entwickeln.

Allerdings gilt es immer zu bedenken, dass Klimamodelle und Klimaprojektionen vor allem ein rechnerisches Konstrukt sind und daher zukünftige Entwicklungen nur in Teilen abbilden können. Unsicherheiten und Ungenauigkeiten sind grundsätzlich in Betracht zu ziehen – auch wenn die Klimaforschung deutliche Fortschritte gemacht hat und die Rechenleistung der großen Computer immer besser wird. Generell lässt sich feststellen: Regionale Aussagen unterliegen (noch) einer größeren Unsicherheit als globale Annahmen.

Das Wichtigste in Kürze

- Klimamodelle sind vereinfachte Abbilder der Realität. Sie werden mithilfe von Computern erstellt und dienen der Berechnung von Klimaprognosen und -projektionen.
- Klimaszenarien beruhen auf unterschiedlichen Annahmen über zukünftige Entwicklungen, wie zum Beispiel von Emissionen. Sie berücksichtigen dabei auch verschiedene mögliche gesellschaftliche und technologische Entwicklungen.
- Klimaprojektionen sind langfristige Modellrechnungen zur Klimaentwicklung als Reaktion auf unterschiedliche Emissions- oder Konzentrationsszenarien.
- Klimamodelle, -szenarien und -projektionen dienen den Entscheidungsträgern in der Klimapolitik als wichtige Hilfsmittel.

Die globalen Folgen des Klimawandels

Der Klimawandel wird viele Konsequenzen nach sich ziehen, die auf der ganzen Welt zu spüren sind. Wie wir mit diesen Folgen des Klimawandels umgehen, zählt zu den wichtigsten umwelt-, wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Herausforderungen der nächsten Jahre und Jahrzehnte.

Aufgrund der Klimaprojektionen des vierten Sachstandsberichts des IPCC 2007 ist mit folgenden Auswirkungen zu rechnen.

Weitere Temperaturzunahme

Die Temperatur auf der Erde steigt voraussichtlich weiter an: im globalen Mittel bis zum Jahr 2100 im Schnitt zwischen 1,8 und 4,0 Grad Celsius. Beobachtungen auf allen Kontinenten und in den meisten

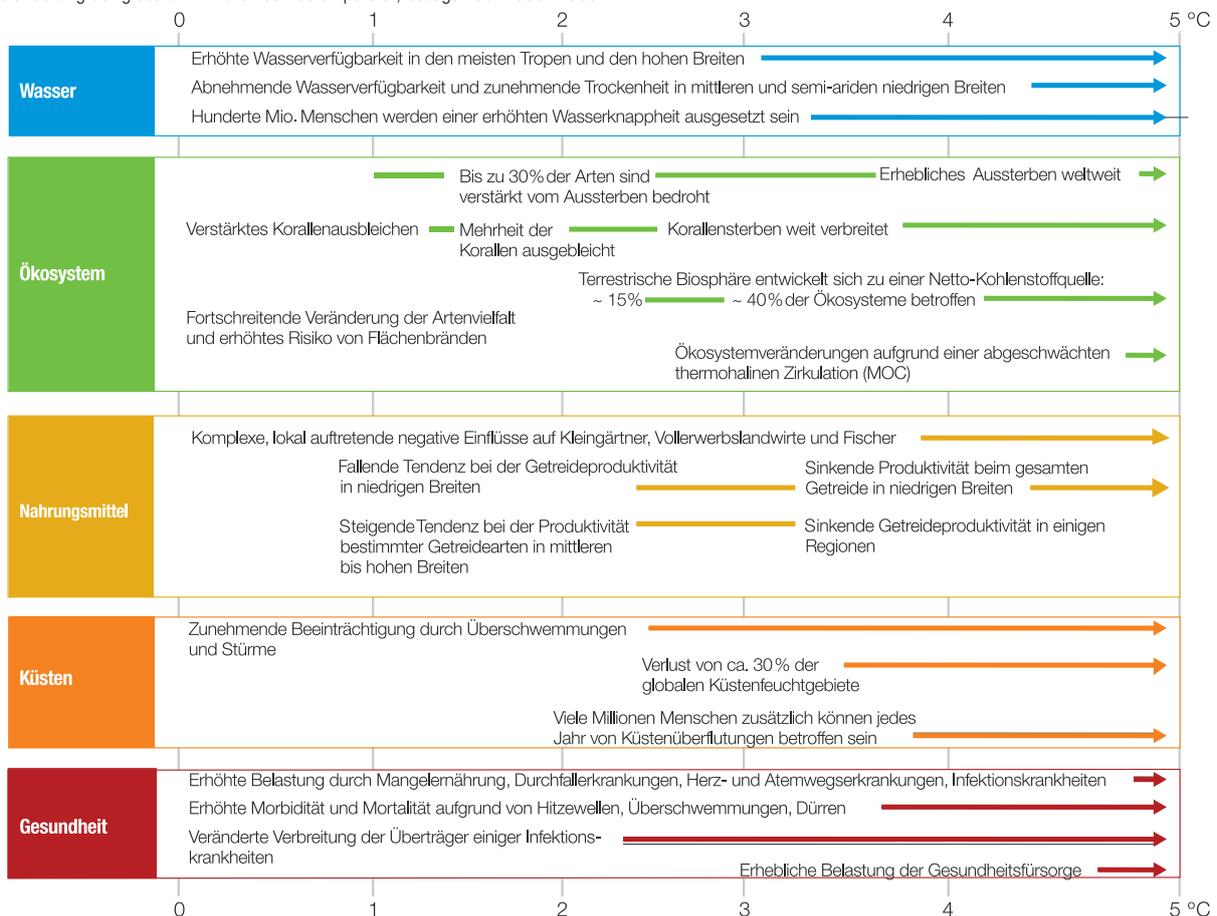
Ozeanen zeigen, dass zahlreiche natürliche Systeme von den Temperaturanstiegen betroffen sind. Die nachfolgende Grafik verdeutlicht einige mögliche Konsequenzen.

- › Weitere Temperaturzunahme
- › Mehr Niederschlag
- › Häufung von Wetterextremen
- › Landwirtschaft und Ernährung
- › Rückgang des Eises
- › Veränderung in der Tier- und Pflanzenwelt
- › Ausbreitung von Krankheiten
- › Anstieg des Meeresspiegels



Beispiele für projizierte globale Auswirkungen von Klimaänderungen

Veränderung der globalen mittleren Jahrestemperatur, bezogen auf 1980–1999



Grafik 30



Abbildung 21



Abbildung 23



Abbildung 22

Es gibt mehr Niederschlag

Da sich in einer wärmeren Atmosphäre durch die zunehmende Verdunstung mehr Wasserdampf bildet, ist von vermehrten Niederschlägen auszugehen. Dies gilt vorwiegend für die höheren Breiten. Der IPCC projiziert zudem schwerere Niederschlagsereignisse, die das Überschwemmungsrisiko erhöhen. Insbesondere für Nordeuropa werden häufigere winterliche Hochwasser erwartet. Anders in den Subtropen oder Tropen: Hier kann es zu einer Abnahme der Niederschläge kommen.

Extremwetterereignisse nehmen zu

Wetterextreme wie Stürme, Überschwemmungen und Dürren – das sind Auswirkungen des Klimawandels, welche die Menschen sehr direkt zu spüren bekommen. Jedoch ist eine Zurückführung dieser Extremwetterereignisse auf eine bestimmte Ursache immer schwierig: Man denke nur an die Elbflut 2002 und die Rekordniederschläge sowie die Überschwemmungen im Alpenraum 2005. War das schon Klimawandel oder einfach nur ein Wet-

terereignis? Nicht nur Starkniederschläge soll es öfter geben. Es wird auch erwartet, dass die Häufigkeit und die Intensität der tropischen Wirbelstürme zunehmen.

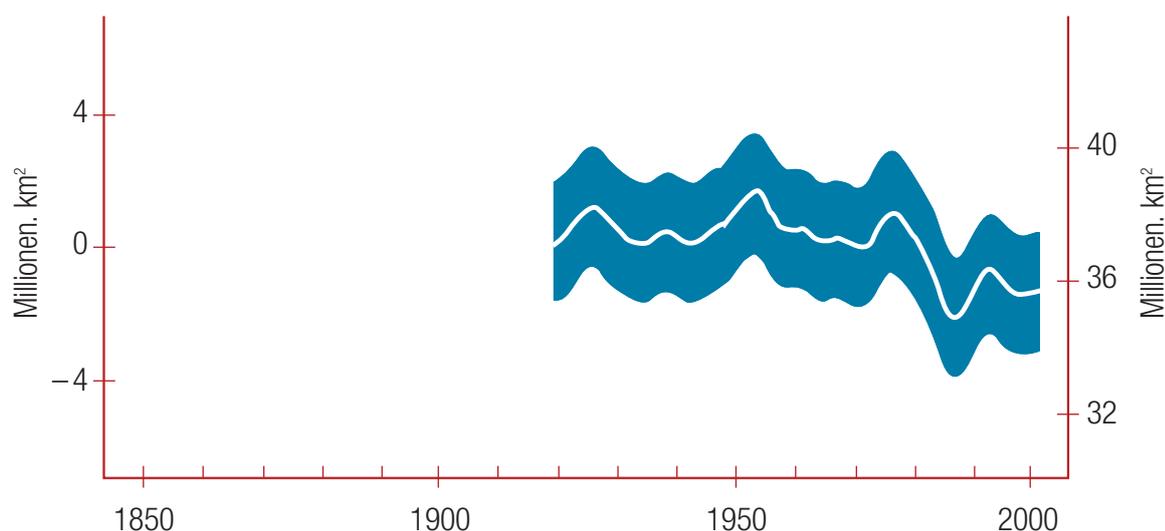
Rekordernten und Ernteauffälle in der Landwirtschaft

Besonders wichtig ist die Frage, wie sich der Klimawandel auf die Landwirtschaft und damit auf die Ernährung der Weltbevölkerung auswirkt. Die Landwirtschaft ist in den einzelnen Regionen sehr unterschiedlich vom Klimawandel betroffen. In einigen Gegenden sind Ernteauffälle durch Trockenheit oder starke Niederschläge wahrscheinlich, andere Regionen jedoch profitieren. Die Forscher gehen davon aus, dass sich die Ackerbaugrenze im Norden weiter in Richtung der Pole verschiebt und dass in den Gebirgen noch in größeren Höhen Ackerbau betrieben werden kann.



Abbildung 24

Veränderung der nordhemisphärischen Schneebedeckung



Grafik 31

Das Eis geht zurück

Nicht nur das Gletschereis schwindet, auch mit einem weiteren Rückgang des arktischen Meereseis und der Eisschilde in Grönland und der Antarktis ist zu rechnen.

In Gebirgsregionen und in polaren Breiten gibt es Permafrostböden, also dauerhaft gefrorenen Erdboden. Aufgrund der Erwärmung tauen die Permafrostböden auf, was in Anfängen bereits heute zu beobachten ist. Permafrostböden bedecken circa 25 Prozent der Landoberfläche und diese können beim Auftauen große Mengen an Kohlenstoffdioxid und Methan freisetzen. Das würde, so vermuten die Forscher, die globale Erwärmung noch zusätzlich verstärken.

Tiere und Pflanzen müssen sich anpassen

Die globale Erwärmung führt zu regionalen Veränderungen von Temperaturen und Niederschlagsmengen – dadurch kommt es zu Verschiebungen der Klimazonen. Klimazonen sind aber verbunden mit dem Vorkommen von speziellen Tieren und Pflanzen, die sich an die klimatischen Verhältnisse der jeweiligen Zone angepasst haben. Bei einer Verschiebung der Klimazonen müssen sich die

Tiere und Pflanzen auf die neuen Verhältnisse einstellen. Je schneller der Wandel des Klimas und der Klimazonen erfolgt, desto schwieriger ist dieser Prozess. Tiere und Pflanzen, denen es nicht gelingt, sich schnell genug anzupassen, werden vom Aussterben bedroht sein. Die Verschiebung der Klimazonen betrifft besonders die Wüstengebiete sowie die Polar- und Bergregionen.

Diese Veränderungen haben nicht nur Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt an Land. In den Ozeanen führt die Klimaerwärmung zu einer Versauerung der oberflächlichen Wasserschichten. Denn die Meere nehmen einen großen Teil des anthropogen verursachten Kohlenstoffdioxids auf. Sie sind sogenannte Kohlenstoffdioxidsenken. Durch die Lösung des Kohlenstoffdioxids im Meerwasser entsteht Kohlensäure – die kennen wir von den Gasbläschen in den Sprudelflaschen. In diesen jetzt saurer gewordenen Wasserschichten ist aber ein Großteil des Planktons angesiedelt. Eine Schädigung des ersten Glieds der marinen Nahrungskette hätte weitreichende Folgen für das Leben im Meer.



Abbildung 25

Auswirkungen auf die Gesundheit

Mit dem Anstieg der Temperatur können sich bestimmte Krankheitserreger besser ausbreiten. Dies macht es beispielsweise möglich, dass Malaria, eine Infektionskrankheit, die man bisher nur aus wärmeren Ländern kannte, nach Europa zurückkehrt. Die hitzebedingte Sterblichkeitsrate ist schon in den vergangenen Jahren angestiegen und es wird vermutet, dass sie noch weiter zunehmen könnte. Zudem sollen vermehrt allergene Pollen in hohe und mittlere Breiten der nördlichen Hemisphäre gelangen.



Die Stechmücke

Abbildung 26

Konsequenzen für die Küstenregionen

Der Meeresspiegel wird durch die globale Erwärmung aller Wahrscheinlichkeit nach weiter steigen. Besonders betroffen davon sind die Küstenregionen. Vor allem tief liegende Gebiete, Inseln und Küstenstreifen haben ein größeres Risiko für Überschwemmungen. Negative Auswirkungen projiziert der IPCC aber auch für Küstenfeuchtgebiete wie Salzmarschen und Mangrovenwälder.

Das Wichtigste in Kürze

Aufgrund der Projektionen im vierten Sachstandsbericht des IPCC wird mit folgenden Auswirkungen des Klimawandels gerechnet:

- einem weiteren Temperaturanstieg
- zunehmenden Niederschlägen
- einer Häufung von Wetterextremen wie Stürmen, Dürren, Starkregen- und Hochwasserereignissen
- je nach Region mit Ernteausfällen oder Rekorderten in der Landwirtschaft
- einem Rückgang der schnee- und eisbedeckten Flächen
- einer Anpassung der Tier- und Pflanzenwelt. Arten, die es nicht schaffen, sich auf die veränderten Bedingungen einzustellen, sind vom Aussterben bedroht.
- einer veränderten Ausbreitung von Krankheiten
- einem weiteren Anstieg des Meeresspiegels

Gewinner und Verlierer – ein Vergleich nach Erdteilen

Die Folgen des Klimawandels treffen nicht alle Erdteile und Länder gleich. Einige Regionen werden sehr mit negativen Auswirkungen zu kämpfen haben, andere können gar davon profitieren.

Für die einzelnen Erdteile ergeben sich durch den vierten Sachstandsbericht des IPCC Klimaprojektionen, die je nach zugrunde liegendem Szenario unterschiedlich stark ausfallen.

Europa

Bei uns in Europa sind die zu erwartenden Folgen des Klimawandels vergleichsweise gering. In Mitteleuropa sollen die Sommer trockener werden, die Winter dagegen bringen stärkere Niederschläge. In den Alpen verschiebt sich die Baum- und Schneegrenze nach oben, die Gletscher verschwinden fast vollständig. Das Auftauen der Permafrostböden führt außer zur Kohlenstoffdioxid- und Methanfreisetzung zu vermehrten Bergrutschen und Murenabgängen. Ein Murgang ist ein schnell talwärts fließender Strom aus Schlamm, Geröll und anderem Erdmaterial, der große Verwüstungen anrichten kann.

Aber: Für die Landwirtschaft überwiegen im Norden die positiven Effekte! Im Süden und Osten dominieren dagegen die negativen Auswirkungen. In Südeuropa drohen beispielsweise längere und stärkere Trockenheiten.

Wie es bei uns in Deutschland, in Nordrhein-Westfalen und vor allem in der Emscher-Lippe-Region aussieht, das ist ein ganz eigenes Kapitel ...

Asien

In den wärmeren Teilen Asiens werden einerseits Wetterextreme wie Wirbelstürme und Überflutungen, aber andererseits auch Trockenheit und Waldbrände erwartet. Der Anstieg des Meeresspiegels bedroht hier in den dicht bevölkerten Küstengebieten Millionen Menschen – dies gilt vor allem für Bangladesch. Auch Mangrovenwälder und Korallenriffe sind gefährdet.

Im Norden profitiert vor allem die Landwirtschaft vom Klimawandel, insbesondere Russland. Allerdings verursacht dort das Auftauen der Permafrostböden Schäden an Infrastruktureinrichtungen wie Straßen, Pipelines, Zuglinien et cetera.

Afrika

Afrika dürfte der große Verlierer des Klimawandels werden: Der IPCC geht von häufigeren Dürren, Überflutungen und mehr Extremwetterereignissen aus. In einem Kontinent, der sehr stark von seiner Landwirtschaft abhängig ist, sind damit gravierende Auswirkungen für die Bevölkerung zu befürchten. Hunger und Krankheiten treten verstärkt auf. Zudem breiten sich die Wüsten weiter aus. Auch eine Flucht vieler Menschen vor den Folgen des Klimawandels ist denkbar – mit Konsequenzen für die gesamte Welt.

- › Klimaprojektionen für Europa, Asien, Afrika, Australien und Neuseeland, Amerika und die Polarregionen
- › Klimagerechtigkeit
- › Verursacher
- › Betroffene



2.6



2.4



Abbildung 27



Abbildung 28



Abbildung 29

Australien und Neuseeland

Trockenperioden prägen voraussichtlich das Klima in Australien und Neuseeland. Eine Zunahme von Tropenstürmen und Waldbränden ist zu befürchten. In der Landwirtschaft wird sich vor allem der verstärkte Wassermangel bemerkbar machen. Viele der heimischen Tier- und Pflanzenarten überleben den Klimawandel wahrscheinlich nicht, wenn sie sich nicht schnell genug anpassen können.

Amerika

In Amerika gibt es Gewinner und Verlierer: Im Norden – vor allem in Kanada – profitiert die Landwirtschaft von der Verschiebung der Ackerbaugrenze in Richtung Nordpol. Im Süden der USA werden hingegen verstärkt Tropenstürme erwartet, die nicht nur häufiger, sondern auch heftiger auftreten und damit noch mehr zerstörerisches Potenzial entfalten. Für Mittel- und Südamerika zeichnen sich die schlimmsten Folgen ab: Wirbelstürme, Überflutungen, Dürren und daraus resultierend Probleme mit der Wasser- und Nahrungsmittelversorgung.



Abbildung 30

Polarregionen

In der Antarktis sollen die Folgen der Erderwärmung weniger dramatisch ausfallen. Dagegen erfolgt der Klimawandel in der Arktis bereits stark und schnell. Viele Tierarten könnten aussterben. Der Eisbär ist in den letzten Jahren der Inbegriff für diese Bedrohung geworden: Durch die schmelzenden Eisschilde wird der Lebensraum der Tiere immer kleiner. Zudem steigt die Gefahr, dass die Eisbären ertrinken, da das Eis aufgrund der Klimaerwärmung nicht mehr dick genug ist. Um zu überleben, müssten die Tiere ihr Verhalten anpassen und während der Sommermonate auf dem Festland leben und jagen.

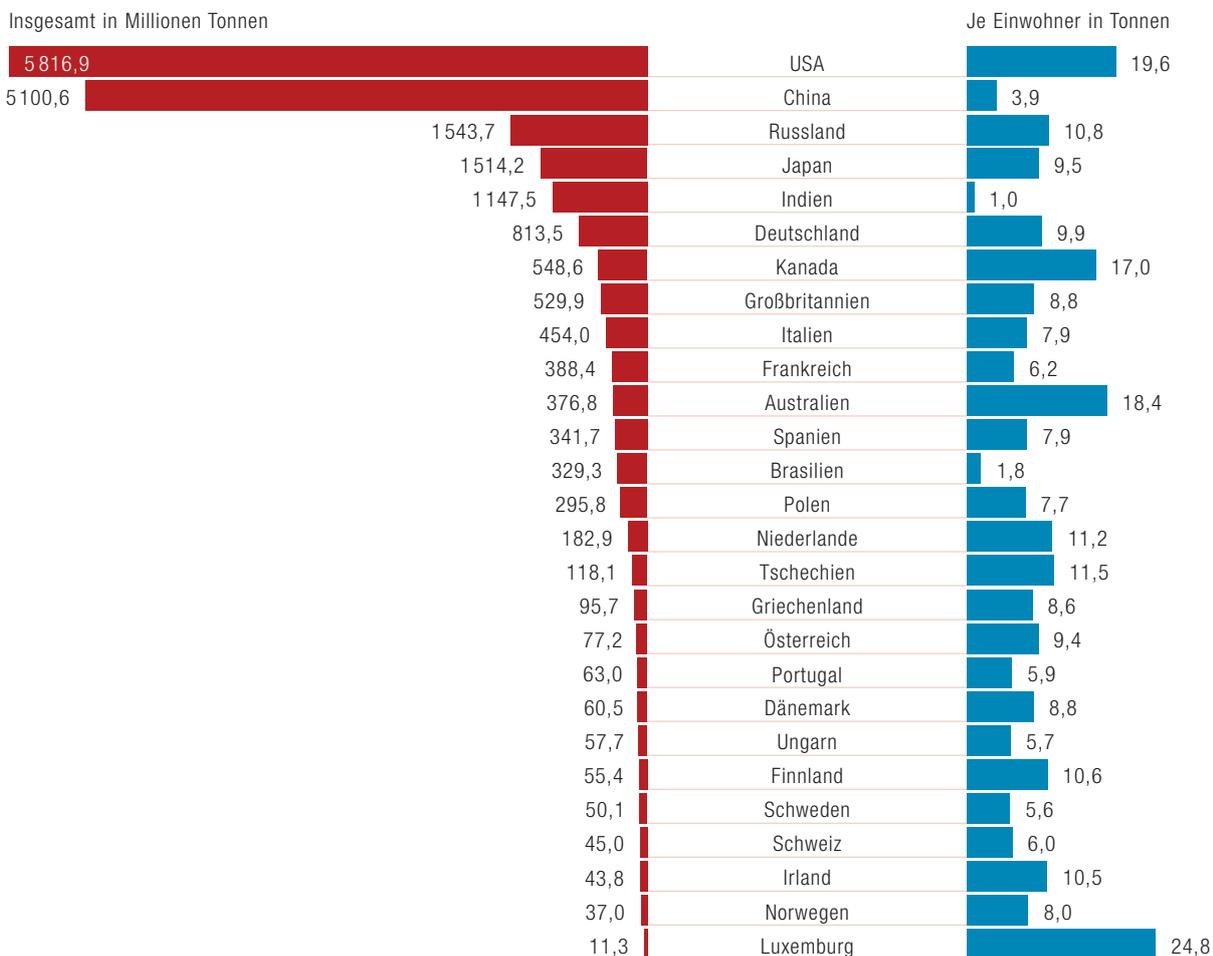
Auch für viele Ureinwohner ändert sich die Lebensweise massiv. Denn Ende des Jahrhunderts, so ein Szenario, könnte das arktische Meereis im Sommer komplett verschwunden sein. Das hat allerdings nicht nur Nachteile: Der Seeweg von Europa nach Japan wäre dann im Sommer für Schiffe frei befahrbar.

Klimagerechtigkeit

Die größten Verursacher des Klimawandels sind jene Länder, die das meiste Kohlenstoffdioxid ausstoßen – also die Industrieländer. Zu ihnen zählen unter anderem die USA, Japan, Deutschland und die anderen europäischen Nationen. Sie verbrennen enorme Mengen an fossilen Energieträgern, um ihren hohen Energiebedarf zu decken. Die sogenannten Entwicklungsländer, die wenig Industrie, eine geringe Wirtschaftsleistung und einen entsprechend niedrigeren Lebensstandard haben, verursachen geringere Kohlenstoffdioxidemissionen.

Die Folgen des Klimawandels werden aber hauptsächlich die Entwicklungsländer treffen. Dies hat zwei Gründe: Zum einen sind die südlichen Länder – und fast alle Entwicklungsländer liegen im Süden – stärker von den negativen Auswirkungen des Klimawandels betroffen, zum Beispiel durch die Abnahme von Ernteerträgen.

Energiebedingte Kohlenstoffdioxidemissionen im Jahr 2005 (ausgewählte Länder)



Grafik 32



Die niederländischen Deltawerke schützen die Küstenregion vor Hochwasser

Abbildung 31



Mündungsdelta in Bangladesch

Abbildung 32



Abbildung 33

Zum anderen gibt es für die Entwicklungsländer weniger Möglichkeiten, sich vor den nachteiligen Konsequenzen des Klimawandels zu schützen, da ihnen hierzu die finanziellen Möglichkeiten fehlen. Wohlhabende Staaten haben deutlich bessere Voraussetzungen. Ein Beispiel dafür ist der Umgang mit dem Meeresspiegelanstieg. Er betrifft zwar alle Küstenregionen, besonders sensibel sind allerdings flache Küstenregionen, die dicht besiedelt sind. Dies ist unter anderem in den Niederlanden und in Bangladesch der Fall. Die Niederlande können sich durch technische Maßnahmen wie Deicherhöhungen vor dem allmählichen Meeresspiegelanstieg recht gut schützen. Diese Möglichkeiten hat ein armes Land wie Bangladesch nicht in dem Maße: Hier folgt bereits seit Jahren eine Überflutungskatastrophe der anderen mit verhee-

renden Auswirkungen für die dort lebenden Menschen und ihren Lebensraum. Der Klimawandel wird also hauptsächlich von den reichen Industrieländern verursacht, während die ärmeren Entwicklungsländer einen großen Teil der negativen Folgen zu tragen haben.

Das Wichtigste in Kürze

- Die negativen Folgen des Klimawandels werden nicht alle Erdteile gleich treffen.
- Einige Regionen sind besonders betroffen, andere können sogar profitieren.
- Die Industrieländer gelten als die Hauptverursacher des Klimawandels.
- Die Entwicklungsländer sind am stärksten von den nachteiligen Folgen betroffen.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Treibhausgase – wo sie entstehen



In der aktuellen Klimawandeldiskussion wird immer wieder gesagt, dass die Treibhausgase verantwortlich sind für die globale Erwärmung der Erde. Doch wo kommen die Treibhausgase eigentlich her?



Kohlenstoffdioxid

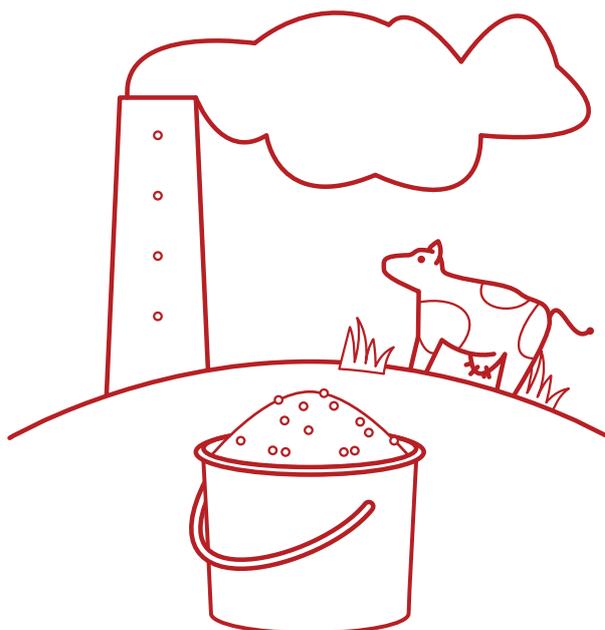
entsteht hauptsächlich durch die Atmung von allen Lebewesen und durch Verbrennung von Kohle, Erdöl, Erdgas, Holz und Biomasse.

Methan

entwickelt sich beispielsweise auf Mülldeponien, beim Nassreisanbau, in Biogasanlagen und in Sumpfgebieten. Auch Erdgas besteht hauptsächlich aus Methan. Zudem entsteht es bei der Verdauung in Mägen oder Därmen von Tieren und Menschen.

Lachgas

entweicht aus landwirtschaftlichen Düngemitteln (Stickstoffdünger).



Eure Aufgaben:



- ➔ Finde heraus, bei welchen Herstellungsprozessen von Gebrauchsgegenständen Treibhausgase entstehen.
- ➔ Prüfe die Frage, welche alternativen Produkte genutzt werden können.
- ➔ Methan ist ein natürlich vorkommendes Gas und es wird in Biogasanlagen produziert, um daraus dann wieder Energie zu gewinnen. Untersuche die Frage, ob ein Verzicht auf Fleisch tatsächlich sinnvoll ist. Die Abfälle von Obst und Gemüse werden entsorgt – und dann?
- ➔ Lachgas entsteht durch den Einsatz von Düngemitteln auf Stickstoffbasis. Aber auch Biolandbau kommt nicht ohne Dünger aus. Kläre die Frage, womit im Biolandbau gedüngt wird.
- ➔ Suche Zahlen, die den Düngemittelverbrauch eines durchschnittlichen landwirtschaftlichen Betriebs quantifizieren.



Name

Datum

Klasse

ARBEITSBLATT

Wenn das Eis schmilzt ...



Wird es wärmer auf der Erde, steigt dann der Meeresspiegel?
Auf dem Tisch stehen Experimentiermaterialien, mit denen ihr eine
Antwort auf die Frage finden könnt.



Das braucht ihr für das Experiment:

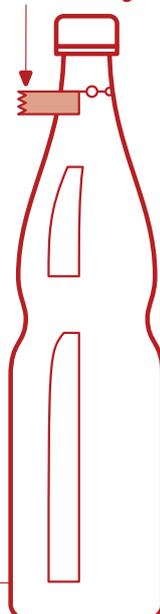
- | viele Eiswürfel
- | viele leere Plastikbecher
- | kleine, leere Getränkeflasche
- | warmes Leitungswasser (circa 35 Grad Celsius)
- | Wasserbad zum Erwärmen des Wassers
- | Papiertücher oder Wischlappen
- | Kühlschrank im Vorbereitungsraum

Experiment 1:



- ➔ Füllt eine kleine Getränkeflasche bis ganz oben mit warmem Leitungswasser (circa 35 Grad Celsius). Schließt die Flasche dicht mit ihrem Verschluss zu.
- ➔ Stellt die Flasche für 80-90 Minuten in den Kühlschrank.
- ➔ Überprüft dann den Wasserstand in der Flasche.
- ➔ Welche Erklärung könnt ihr dafür geben?
- ➔ Hilfe: Lest in einem Physik- oder Chemiebuch nach, welche Besonderheit Wasser hat.
- ➔ Könnt ihr euch vorstellen, was mit dem Meerwasser passiert, wenn es eine Eiszeit gibt?

Markierung

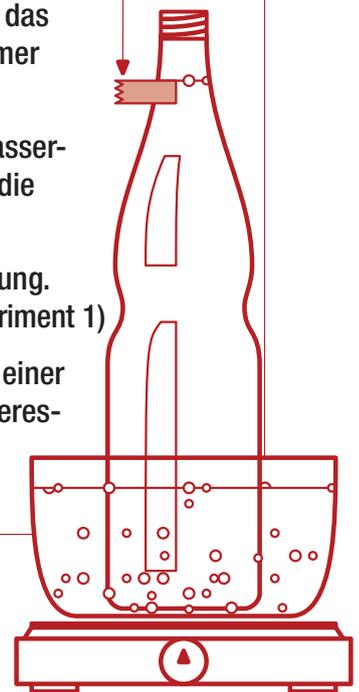


Experiment 2:



- ➔ Öffnet jetzt die Getränkeflasche und stellt sie in ein Wasserbad, das ihr vorsichtig erwärmt.
- ➔ Dadurch erwärmt sich auch das Wasser in eurer Getränkeflasche.
- ➔ Stellt eine Vermutung an, was passiert, wenn das Wasser immer wärmer wird.
- ➔ Beobachtet eure Wasserflasche und notiert die Beobachtung.
- ➔ Erklärt eure Vermutung. (Hilfe siehe bei Experiment 1)
- ➔ Wann kommt es zu einer Überflutung der meeresnahen Gebiete?

Markierung



Notizen

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Wird das Meerwasser durch die Klimaänderung »sauer«?



Unsere Ozeane nehmen aus der Luft Kohlenstoffdioxid auf. Wir nennen die Ozeane deshalb auch Kohlenstoffdioxidsenken. Da Kohlenstoffdioxid sich mit Wasser zu Kohlensäure verbindet, sind die Ozeane insgesamt etwas saurer geworden.

Warmes Wasser kann weniger Kohlenstoffdioxid aufnehmen als kaltes Wasser.

Das braucht ihr für das Experiment:

- | Mineralwasser mit viel Kohlensäure
- | Bechergläser
- | Heizplatte, Siedesteine oder heißes Wasserbad, Universalindikator
- | Magnetrührer
- | Schutzbrille

Eure Aufgaben:



- ➔ Gib in ein Becherglas gut gekühltes Mineralwasser mit viel Kohlensäure.
- ➔ Gib ein paar Tropfen Universalindikator dazu.
- ➔ Notiere die Farbe, stelle den pH-Wert mithilfe der Vergleichsskala fest und notiere ihn.
- ➔ Gib in ein zweites Becherglas ebenfalls das Mineralwasser sowie den Universalindikator und notiere ebenfalls den pH-Wert.
- ➔ Stelle eines der Bechergläser auf die Heizplatte und gib ein paar Siedesteine in das Mineralwasser.
- ➔ Setze die Schutzbrille auf und erhitze langsam das Wasser.
- ➔ Lass den Magnetrührer langsam laufen.
- ➔ Beobachte, was passiert, und notiere alle Veränderungen.
- ➔ Stelle das andere Becherglas einfach auf die Fensterbank und kontrolliere nach einigen Stunden oder Tagen die Veränderungen.
- ➔ Stellst du einen Unterschied zwischen den Veränderungen in beiden Gläsern fest?
- ➔ Kannst du die Veränderungen erklären?
- ➔ Kannst du jetzt die Frage beantworten, ob das Meerwasser durch die Klimaänderung »sauer« wird?
- ➔ Welche Bedeutung hat die Veränderung der Fähigkeit des Wassers zur Aufnahme von Kohlenstoffdioxid für die Meeresbewohner?



Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Der Kohlenstoffdioxidausstoß – ein Ländervergleich



2.6

Der Kohlenstoffdioxidausstoß ist je nach Lebensstil sehr unterschiedlich. Man kann für jedes Land den durchschnittlichen Kohlenstoffdioxidausstoß pro Kopf ganz einfach berechnen, indem man den Kohlenstoffdioxidausstoß des Lands pro Jahr durch die Bevölkerungszahl teilt.

USA

Kohlenstoffdioxidausstoß
pro Jahr: 5,82 Mrd. t
Bevölkerungszahl:
ca. 306 Mio. Einwohner
Ergibt Kohlenstoffdioxid-
ausstoß pro Kopf/Jahr:

Brasilien

Kohlenstoffdioxidausstoß
pro Jahr: 329,3 Mio. t
Bevölkerungszahl:
ca. 192 Mio. Einwohner
Ergibt Kohlenstoffdioxid-
ausstoß pro Kopf/Jahr:

Deutschland

Kohlenstoffdioxidausstoß
pro Jahr: 813,5 Mio. t
Bevölkerungszahl:
ca. 82 Mio. Einwohner
Ergibt Kohlenstoffdioxid-
ausstoß pro Kopf/Jahr:

Schweden

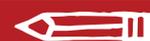
Kohlenstoffdioxidausstoß
pro Jahr: 50,1 Mio. t
Bevölkerungszahl:
ca. 8,9 Mio. Einwohner
Ergibt Kohlenstoffdioxid-
ausstoß pro Kopf/Jahr:

China

Kohlenstoffdioxidausstoß
pro Jahr: 5,1 Mrd. t
Bevölkerungszahl:
ca. 1,31 Mrd. Einwohner
Ergibt Kohlenstoffdioxid-
ausstoß pro Kopf/Jahr:



Eure Aufgaben:



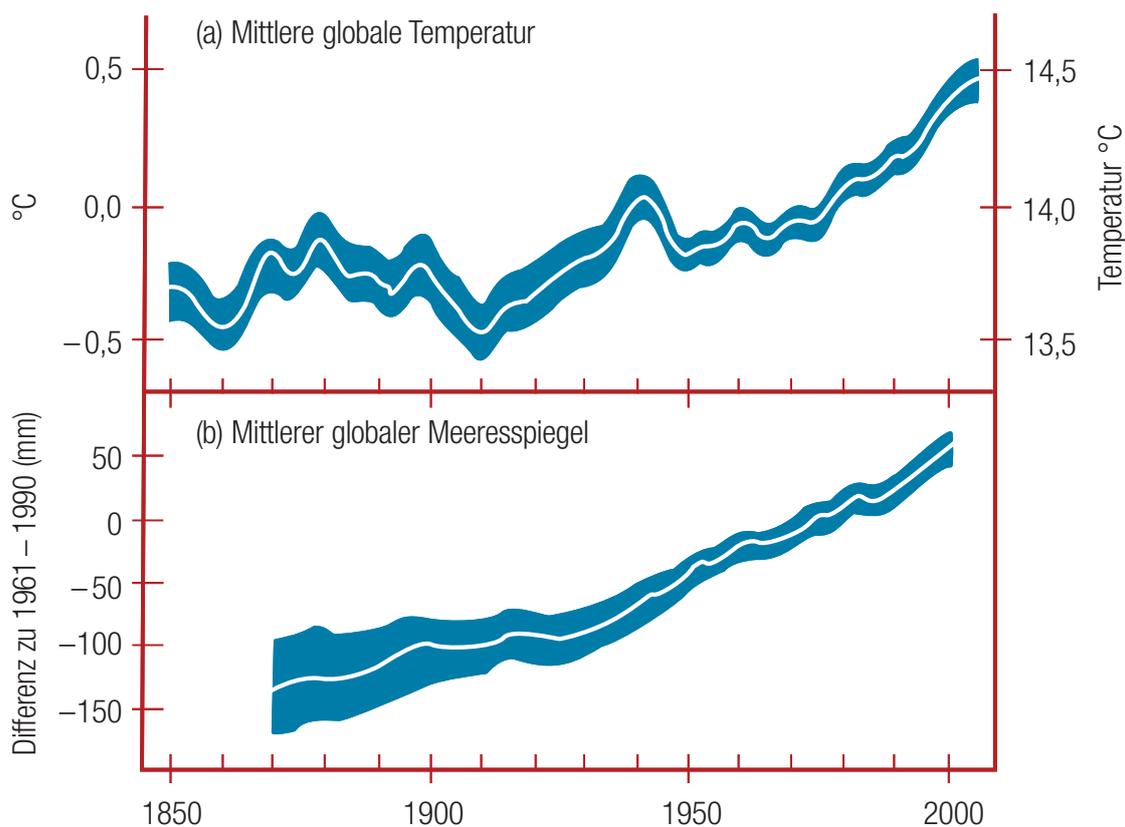
- ➔ Errechnet den Kohlenstoffdioxidausstoß pro Kopf in den fünf Staaten.
- ➔ Erstellt eine Tabelle zu den Daten.
- ➔ Recherchiert, wie hoch das Pro-Kopf-Einkommen in den Ländern ist und unter welchen Bedingungen die meisten Einwohner der Länder leben (müssen).
- ➔ Kann eure Recherche einen Hinweis dafür liefern, wie die Unterschiede im Pro-Kopf-Kohlenstoffdioxidverbrauch zustande kommen?



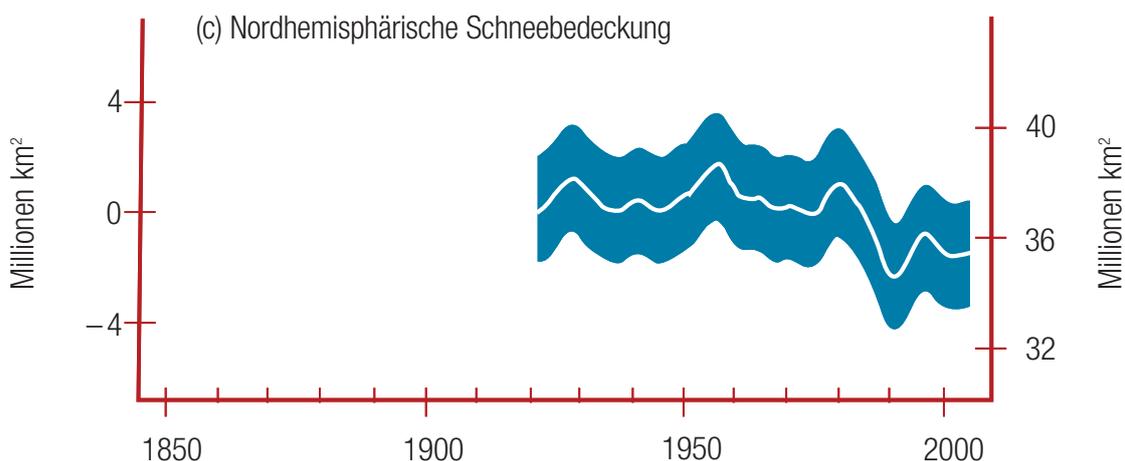
FOLIE



Veränderungen von Temperatur, Meeresspiegel und Schneebedeckung seit 1850



Veränderung der nordhemisphärischen Schneebedeckung

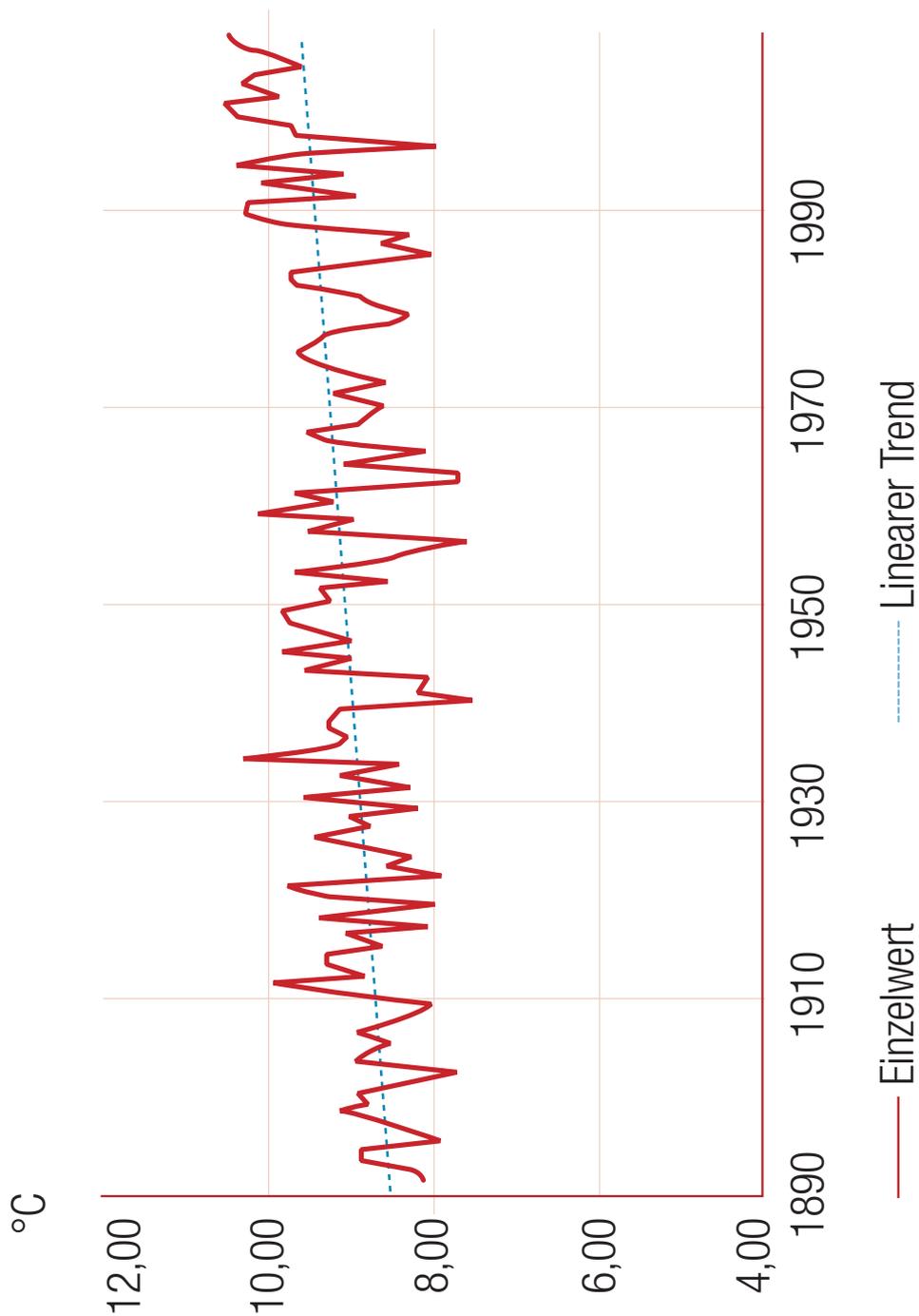


FOLIE



2.2

Temperatur Nordrhein-Westfalen seit 1890

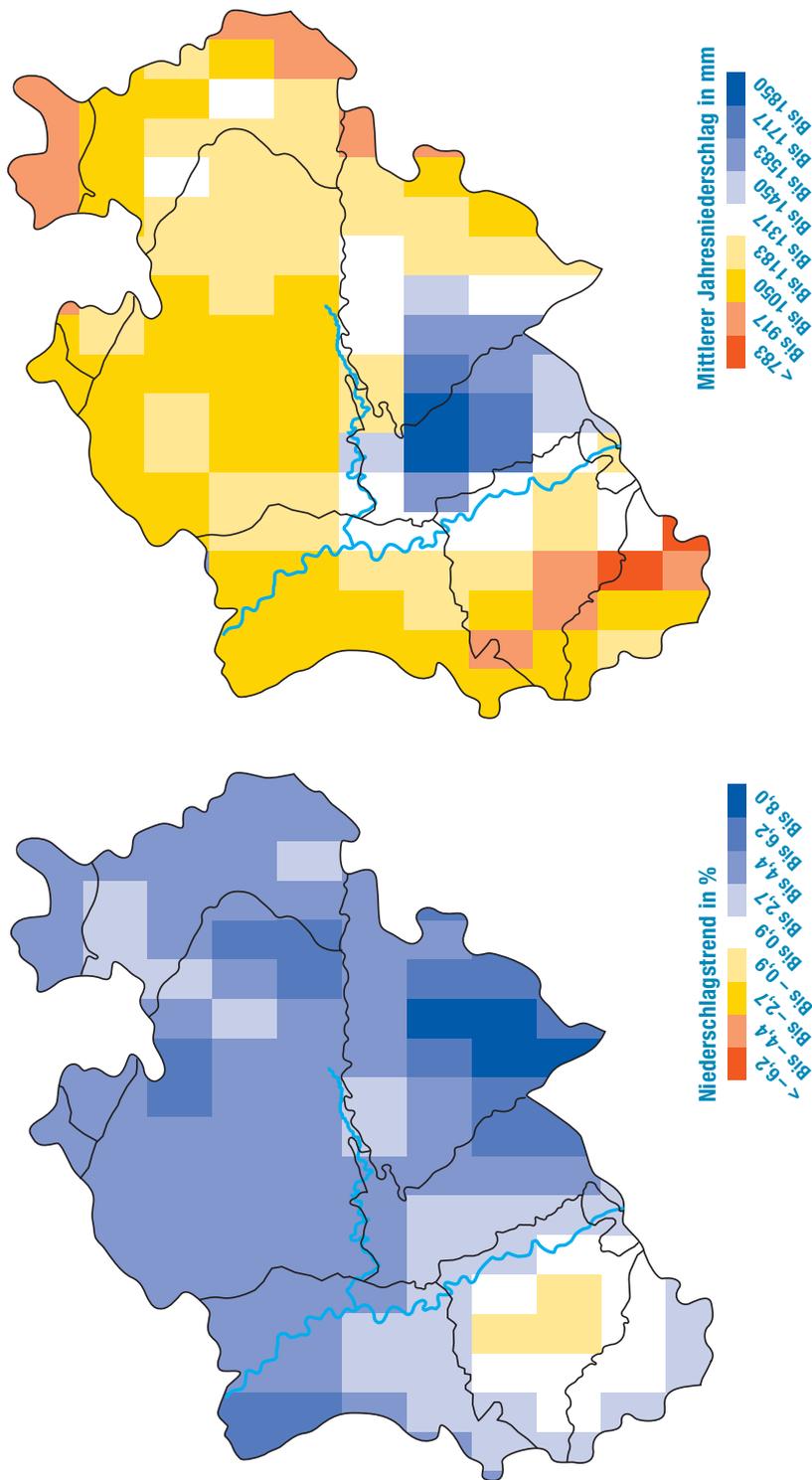


Grafik 22

FOLIE



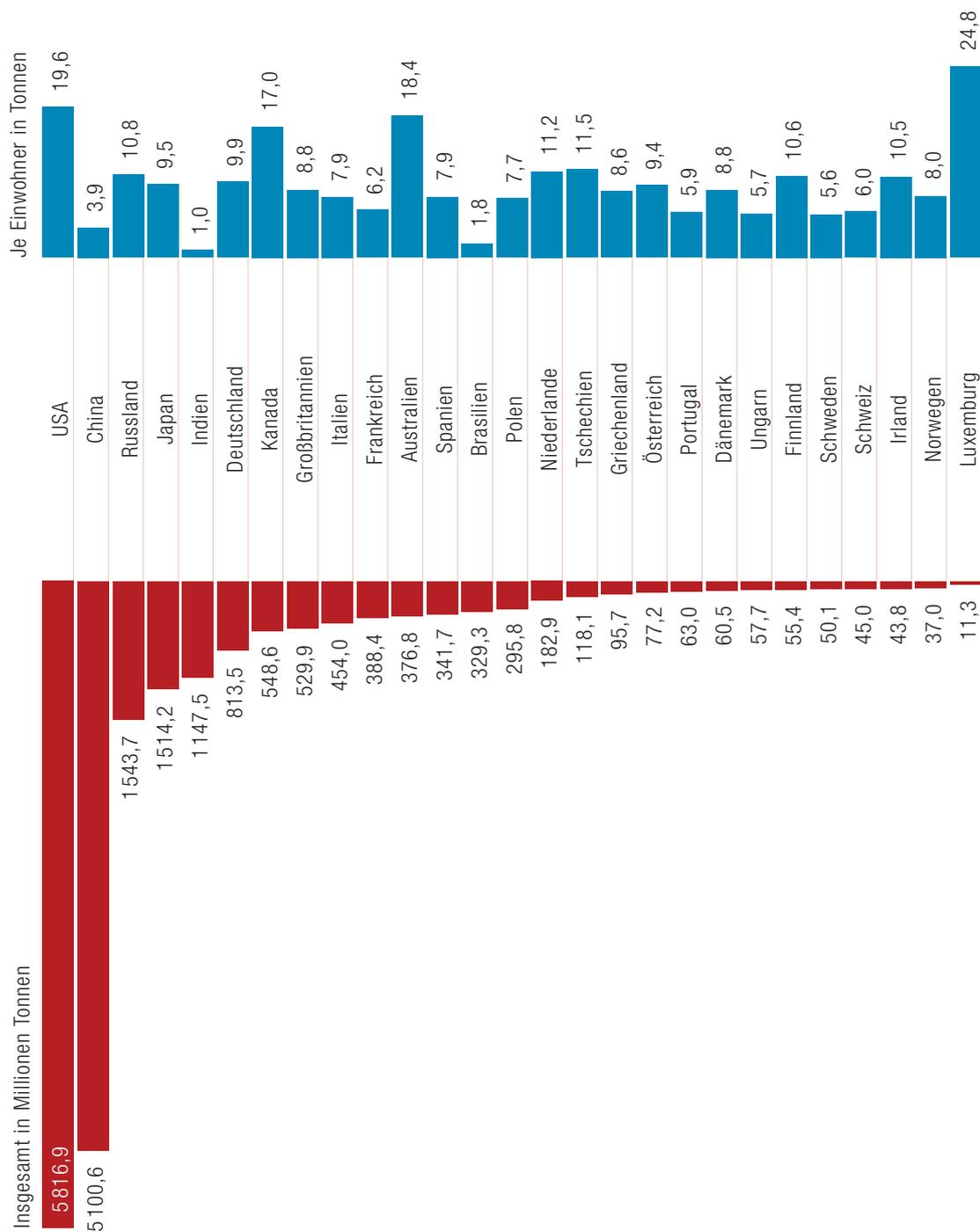
Klimaszenario Niederschläge Nordrhein-Westfalen



Grafik 29



Ländervergleich Kohlenstoffdioxidemissionen



Ist der Klimawandel noch zu stoppen?

3

- › Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel | 70
- › Internationale und europäische Klimapolitik | 72
- › Deutsche Klimapolitik | 75
- › Klimaschutzmaßnahmen | 79
- › Anpassungsstrategien – drei Beispiele | 84



Abbildung 34

Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

Die meisten Wissenschaftler sind sich einig: Unsere Emissionen der Vergangenheit ziehen eine weitere Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts nach sich. Das wird selbst dann der Fall sein, wenn die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre auf dem Stand von 2000 bleibt. Auch eine schnellstmögliche Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen zum Klimaschutz könnte daran nichts mehr ändern.

› Mitigation
› Adaptation

A 3.1



Abbildung 35

Eine Anpassung an den Klimawandel gewinnt daher neben dem Klimaschutz zunehmend an Bedeutung. Was versteht man nun genau darunter?

Klimaschutz (Mitigation)

Klimaschutz ist ein Sammelbegriff für alle Maßnahmen, die einer unnatürlichen Klimaerwärmung entgegenwirken und mögliche Folgen abmildern oder verhindern sollen. Klimaexperten nutzen dafür auch den Fachausdruck Mitigation (von Englisch »mitigation« für »Milderung, Abschwächung«). Der Klimaschutz setzt im Wesentlichen an zwei Punkten an: zum einen an der Verringerung des Ausstoßes von Treibhausgasen, die Industrie, Landwirtschaft, Verkehr und Privathaushalte freisetzen. Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen zur Energieeinsparung und der vermehrte Einsatz von regenerativen Energien wie Wasserkraft, Solar- oder Windenergie. Zum anderen geht es um die Erhaltung und gezielte Förderung jener Naturbestandteile, die das mengenmäßig wichtigste Treibhausgas Kohlenstoffdioxid



Abbildung 36

aufnehmen: Sie werden auch als Kohlenstoffdioxid-Senken bezeichnet. Bedeutende Kohlenstoffdioxid-Senken sind große Waldareale, Feuchtgebiete wie Moore, Sümpfe und Flussauen sowie die Ozeane.



Die eingedeichte Emscher schützt vor Gefahren durch Hochwasser.

Abbildung 37

Die Emscher-Brücken sind so konstruiert, dass Hochwasser nicht aufgestaut wird

Anpassung an den Klimawandel (Adaptation)

Neben den Klimaschutzmaßnahmen sind Anpassungsstrategien an den Klimawandel inzwischen unerlässlich. So wird heute beispielsweise bei der Planung von Küstenschutzmaßnahmen oder Brücken ein möglicher Anstieg des Meeresspiegels berücksichtigt. In der Landwirtschaft kommen vermehrt Pflanzen zum Einsatz, die besser mit den sich ändernden klimatischen Bedingungen umgehen können. Aus der Sicht des Weltklimarats (IPCC) ist Anpassung als ein Prozess zu verstehen, der die Empfindlichkeit eines natürlichen oder gesellschaftlichen Systems gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels verringert. Ein natürliches System kann zum Beispiel ein Küstenökosystem wie das Wattenmeer sein, ein gesellschaftliches System die Stadt Essen. Durch Anpassungsmaßnahmen sollen Schädigungen, soweit möglich, vermieden werden. Es gilt aber auch, sich die verän-

dernden klimatischen Gegebenheiten zu Nutze zu machen – etwa durch das Betreiben von Landwirtschaft in nördlicheren Breiten. Fachexperten nennen derartige Prozesse Adaptation (von Englisch »adaptation« für »Anpassung«).

Das Wichtigste in Kürze

Der Klimawandel und dessen Auswirkungen bergen eine doppelte Herausforderung: einerseits den Klimaschutz, das heißt die Reduzierung von Treibhausgasen zur Einschränkung des Klimawandels. Andererseits sind Anpassungsstrategien erforderlich, welche die negativen Auswirkungen des unausweichlichen Klimawandels minimieren beziehungsweise regional positive Folgen nutzen.

Internationale und europäische Klimapolitik

Der Klimaschutz ist schon seit vielen Jahren auch ein politisches Thema. Ziel der Klimapolitik ist es, die Geschwindigkeit und die Auswirkungen der globalen Erwärmung zu reduzieren beziehungsweise zu stoppen. Dies kann nur erreicht werden, wenn die Länder weltweit zusammenarbeiten.

Bereits 1972 auf der Konferenz der Vereinten Nationen über die Umwelt des Menschen in Stockholm kam der Treibhauseffekt zur Sprache. Die erste Weltklimakonferenz fand dann 1979 in Genf statt. Dort wurde das Weltklimaprogramm ins Leben gerufen – der Beginn einer intensiven internationalen Zusammenarbeit von Wissenschaftlern, die das Verständnis für Klimaveränderungen fördern soll.

Klimarahmenkonvention Rio de Janeiro 1992

Ein erster Höhepunkt im internationalen Klimaschutz war der Umweltgipfel in Rio de Janeiro 1992: Auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED) hatten sich die führenden Politiker der Welt auf die sogenannte Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) verständigt. Sie heißt Rahmenkonvention, weil sie im Wesentlichen nur die Zielsetzung des Klimaschutzes festschreibt. Über die Maßnahmen zur Erreichung dieses Ziels wird

in den seit 1995 jährlich stattfindenden UN-Klimakonferenzen (Conference of the Parties, COP) diskutiert. In der Klimarahmenkonvention ist völkerrechtlich verbindlich das konkrete Ziel verankert, einen gefährlichen, vom Menschen verursachten Eingriff in das Klimasystem der Erde zu verhindern. Darüber hinaus legt die Konvention ein Vorsorgeprinzip fest, nach dem durch die Staatengemeinschaft – auch bei noch nicht absoluter wissenschaftlicher Sicherheit über den Klimawandel – konkrete Klimaschutzmaßnahmen getroffen werden sollten.

- › Klimarahmenkonvention
- › Kyoto-Protokoll
- › UN-Klimakonferenz in Kopenhagen
- › Europäisches Programm für den Klimaschutz

A 3.2

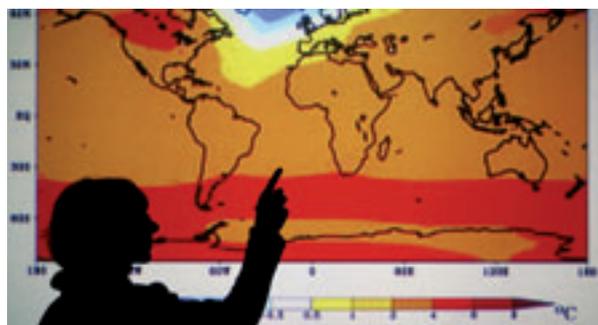


Abbildung 38



Abbildung 39

Der Umweltgipfel in Rio de Janeiro war ein erster großer Erfolg für den internationalen Klimaschutz



Abbildung 40

Das Kyoto-Protokoll war ein Meilenstein für den Klimaschutz

Das Kyoto-Protokoll 1997

Den bislang wichtigsten Schritt im Klimaschutz brachte dann die dritte UN-Klimakonferenz in der japanischen Stadt Kyoto im Dezember 1997: Im Abschlussprotokoll dieser Konferenz, dem sogenannten Kyoto-Protokoll, verpflichteten sich die Industrieländer erstmals, ihre Treibhausgasemissionen zu senken.

Internationale Klimaverhandlungen sind aber eine komplexe und langwierige Angelegenheit. Die dort getroffenen Vereinbarungen müssen nicht nur die beteiligten Diplomaten und Regierungsvertreter akzeptieren, sondern auch die nationalen Parlamente. In diesem Zusammenhang wird auch der Begriff der »Ratifizierung« gebraucht. So dauerte es noch einmal über sieben Jahre, bis das Protokoll von Kyoto nach erfolgreicher Ratifizierung in Kraft treten konnte. Seit dem 16. Februar 2005 besteht für die Industriestaaten nun die verbindliche Verpflichtung, ihre Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008 bis 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren.

Zur Erreichung der Ziele nutzt die internationale Klimapolitik das Prinzip der »gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten«. Das bedeutet, dass sich die Regelungen zum Klimaschutz an der jeweiligen landesspezifischen Ausgangslage

orientieren können. Daraus folgt, dass einige Staaten in den Klimaabkommen höhere Minderungsverpflichtungen eingehen als andere. So liegt beispielsweise das Reduktionsziel für die gesamte Europäische Union bei acht Prozent. Deutschland wiederum hat sich im europäischen Rahmen sogar zu einer Minderung um 21 Prozent verpflichtet. Die Entwicklungs- und Schwellenländer, die aus historischer Perspektive nicht für das Zustandekommen des hohen globalen Niveaus an Treibhausgasen verantwortlich gemacht werden können, gehen im Rahmen des Kyoto-Protokolls keine Emissionsreduktionspflichten ein.

Timeline

- 1972 Stockholm**
Treibhauseffekt wird auf Konferenz der Vereinten Nationen diskutiert
- 1979 Genf**
Erste Weltklimakonferenz
- 1992 Rio de Janeiro**
Klimarahmenkonvention
- Seit 1995 jährlich – UN-Klimakonferenzen**
(Conference of the Parties, COP)
- 1997 Kyoto**
UN-Klimakonferenz mit Kyoto-Protokoll
- 2005 Ratifizierung des Kyoto-Protokolls**
- 2009 Kopenhagen**
UN-Klimakonferenz

Klimaschutzverpflichtungen nach 2012

Die konkreten Verhandlungen über die Ausgestaltung der Klimaschutzverpflichtungen nach 2012 haben im Jahr 2005 begonnen. Sie kamen nicht, wie geplant, im Dezember 2009 in Kopenhagen zum Abschluss: Da auf diesem Klimagipfel keine Einigung unter allen 193 teilnehmenden Ländern erzielt werden konnte, laufen die Verhandlungen Ende 2010 in Mexiko weiter.



Abbildung 41

Die Europäische Union ist klimapolitische Verpflichtungen eingegangen



Abbildung 42



Abbildung 43

Klimapolitik der Europäischen Union

Auf europäischer Ebene regelt das Europäische Programm für den Klimaschutz (ECCP – European Climatic Change Programme) von 2000 die Umsetzung der im Rahmen des Kyoto-Protokolls eingegangenen Verpflichtungen. Sämtliche EU-Staaten haben den Vertrag im Mai 2002 ratifiziert. Bereits 1996 hatte der EU-Ministerrat das Ziel gesetzt, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf weniger als zwei Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Auch die europäische Klimapolitik verfolgt zwei Ziele: Zum einen soll der Ausstoß von Treibhausgasen vermindert werden (Mitigation), etwa durch das seit 2005 bestehende Emissionsrechtssystem. Da jedoch selbst bei Erreichen des Zwei-Grad-Ziels bereits gravierende Folgen für das globale Klima zu befürchten sind, ist zum anderen die Begrenzung der Auswirkungen des Klimawandels (Adaptation) Ziel der EU-Klimapolitik. Konkret unterstützt die Europäische Union beispielsweise Regionen bei der Umsetzung von Klimaprojekten und bei der Sensibilisierung der Bürger für den Klimaschutz. Maßnahmen dieser Anpassungsstrategie sind beispielsweise städtebauliche Projekte zur Minderung von Extremtemperaturen in Städten, verbesserter Hochwasserschutz in Europa und Konfliktprävention in Ent-

wicklungsländern. Vorschläge zur schrittweisen Konkretisierung einer europäischen Anpassungsstrategie finden sich im Weißbuch von April 2009 »Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen«. Ein weiteres definiertes Ziel wurde 2007 in einer europäischen Energiestrategie festgelegt. Es besagt, dass die Europäische Union bis 2020 eine Verringerung ihres Treibhausgasausstoßes um 20 Prozent gegenüber 1990 erreichen will.

Das Wichtigste in Kürze

- Internationale Klimapolitik führt nur dann zum Erfolg, wenn sich alle Staaten – insbesondere aber die Industrieländer – für den Klimaschutz einsetzen. Obwohl im Kyoto-Protokoll eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen festgelegt wurde, steigt der weltweite Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und Lachgas noch immer.
- Die europäische Klimapolitik will den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf weniger als zwei Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau begrenzen. Der Treibhausgasausstoß in der Europäischen Union soll sich bis 2020 um 20 Prozent gegenüber 1990 verringern.

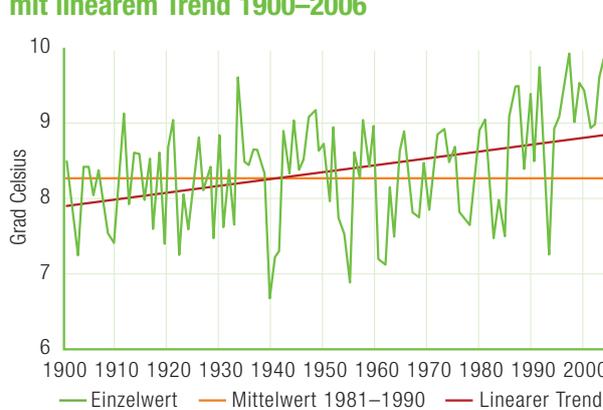
Deutsche Klimapolitik

Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, kurz »DAS« genannt, wurde am 17. Dezember 2008 vom Bundeskabinett beschlossen. Das Papier zeigt für 15 Handlungsfelder und ausgewählte Regionen mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf und gibt Empfehlungen für verschiedene Anpassungsmaßnahmen.

- > Ziel der Deutschen Anpassungsstrategie
- > Handlungsfelder
- > Beispiel Wasserwirtschaft

Mit dem Beschluss der »DAS« hat auch die Bundesregierung – wie bereits einige andere Länder in Europa (zum Beispiel Finnland und Spanien) – einen Rahmen zur nationalen Anpassung an die Folgen des Klimawandels geschaffen. Langfristiges Ziel der Strategie ist es, mögliche Risiken des Klimawandels für die Bevölkerung, die natürlichen Lebensräume und die Volkswirtschaft zu minimieren. Wie kann man das erreichen? Erst einmal gilt es, Gefahren und Risiken zu benennen und zu vermitteln und somit die Menschen für das Thema zu sensibilisieren. Die »DAS« möchte Entscheidungsgrundlagen bereitstellen, die es den verschiedenen Gruppen ermöglichen, Vorsorge zu treffen und die Auswirkungen des Klimawandels schrittweise in ihr privates, unternehmerisches und behördliches Planen und Handeln einzubeziehen.

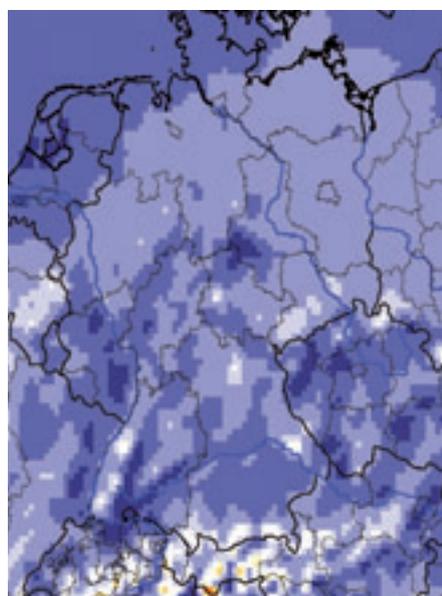
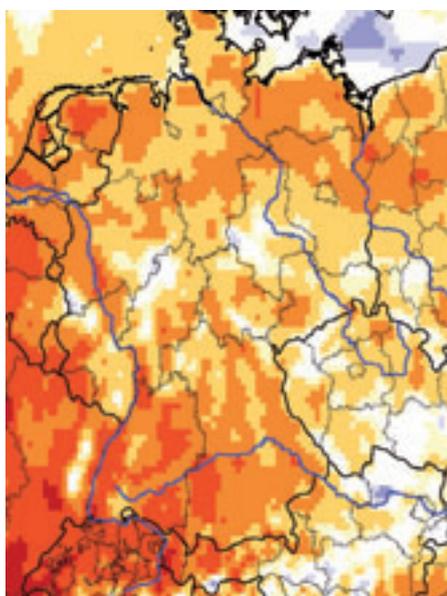
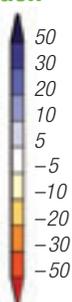
Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland mit linearem Trend 1900–2006



Klimawandel in Deutschland

In der Deutschen Anpassungsstrategie gibt es auf der Grundlage des letzten IPCC-Sachstandsberichts einen Überblick über die beobachteten und prognostizierten Veränderungen von Temperatur und Niederschlag weltweit.

Sommerliche und winterliche Niederschlagsveränderungen im Jahresmittel für die Jahre 2071 bis 2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961 bis 1990, nach Szenario A1B



Grafik 34



Abbildung 44

Für Deutschland ist dabei von einer Erwärmung im Zeitraum 2021 bis 2050 um 0,5 bis 1,5 Grad Celsius und im Zeitraum 2071 bis 2100 um 1,5 bis 3,5 Grad Celsius auszugehen. Dieser Temperaturanstieg wird besonders in den Wintermonaten zu spüren sein. Bei den Niederschlägen ist im Winter eine Zunahme um im Schnitt bis zu 40 Prozent möglich, in einigen Gebieten der Mittelgebirgsregionen sogar um bis zu 70 Prozent. Die Sommerniederschläge könnten bundesweit um bis zu 40 Prozent abnehmen, wobei der Südwesten Deutschlands wahrscheinlich besonders stark betroffen wäre.

Die Handlungsfelder

Die »DAS« betrachtet 13 Lebens-, Umwelt- und Wirtschaftsbereiche: Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, biologische Vielfalt, Bauwesen, menschliche Gesundheit, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Wasserhaushalt/Wasserwirtschaft/Meeresschutz, Boden, Tourismus, Industrie und Gewerbe, Energiewirtschaft und Finanzwirtschaft. Für diese Bereiche werden Handlungsalternativen angedeutet und zum Teil erste mögliche konkrete Initiativen benannt. Als wichtige Querschnittsbereiche für die Klimaanpassung kommen die Raum-, Regional-

und Bauleitplanung sowie der Bevölkerungsschutz hinzu. Für alle 15 Themen- und Querschnittsbereiche sind insbesondere Maßnahmen zur Verbesserung der Bewusstseinsbildung und Entscheidungsunterstützung bei den Beteiligten von großer Bedeutung. Denn nur wenn der Klimawandel umfassend in den Köpfen der Menschen verankert ist, richten sie ihr Handeln daran aus.

Was sind die Folgen, was können wir tun? Bereichsbeispiel Wasserwirtschaft

Schauen wir uns nun einen Bereich etwas genauer an. Nach Aussage der Deutschen Anpassungsstrategie hat der bevorstehende Klimawandel für den Wasserhaushalt beziehungsweise die Wasserwirtschaft voraussichtlich gravierende Folgen, die gegebenenfalls regional sehr unterschiedlich ausfallen. Dazu zählen unter anderem:

- Die Wahrscheinlichkeit für Hochwasser durch Starkniederschläge steigt. Häufigkeit und Höhe von Sturmfluten können zunehmen.
- Zahlreichere Trockenperioden in den Sommermonaten führen zu verstärkter Austrocknung von Feuchtgebieten und Mooren. Diese sind dann nicht mehr so gut in der Lage, Starkregenereignisse abzuf puffern.
- Durch wärmere Winter nimmt der Anteil von Schnee am gesamten Niederschlag ab. In der Folge wird weniger Niederschlag als Schnee gespeichert, die winterliche Hochwassergefahr steigt.
- Eine zunehmende Erwärmung der Wasser- und Bodentemperaturen von Seen, Flüssen und Meeren im Sommer lässt den Sauerstoffgehalt der Gewässer sinken. Für die betroffenen Tiere und Pflanzen bedeutet das zusätzlichen Stress, denn sie leiden in den Sommermonaten bereits unter eingeschränktem Wasservolumen und höherer Wassertemperatur.
- Häufigere extreme Wind- und Niederschlagsereignisse verstärken die Gefahr von Erosionen. Dadurch können vermehrt Schadstoffe, Düng- und Pflanzenschutzmittel in Grund- und Oberflächenwasser gelangen.



Abbildung 45

Welche Möglichkeiten der Anpassung bieten sich hier an? Laut »DAS« sollten Maßnahmen bevorzugt werden, die die natürliche Anpassungsfähigkeit der Gewässer wie auch ihre Lebensraumvielfalt erhalten oder stärken. Dies kann beispielsweise durch Gewässerrenaturierungen geschehen. Zudem ist eine Ausweisung von sogenannten Retentionsräumen sinnvoll, die große Wassermengen aufnehmen und damit Überschwemmungen abmildern oder verhindern. Der Ausdruck Retentionsräume leitet sich aus dem Lateinischen ab: »retendere« bedeutet »zurückhalten«. Das Wasser wird also in der Fläche zurückgehalten und später gedrosselt weitergeleitet.



Abbildung 46



Abbildung 47

Infrastruktur anpassen

Für die Zukunft besteht darüber hinaus die Notwendigkeit, die vorhandenen Infrastrukturen der Wasserver- und -entsorgung an den neuen Anforderungen auszurichten. Neben den Klimaauswirkungen sollten dabei auch andere Veränderungsprozesse in der Gesellschaft, wie zum Beispiel der demografische und wirtschaftliche Wandel oder Änderungen in der Landnutzung, berücksichtigt werden. Dies gilt unter anderem für die Anpassung der Versorgungs- und Kanalsysteme, Wasserreservoirs und Trinkwasseraufbereitungen. Nur so sind Überflutungen von Mischkanalisationen bei Starkregenereignissen, Versorgungsengpässe in Trockenzeiten oder Verkeimungen durch zu geringen Rohrdurchfluss oder zu hohe Leitungstemperaturen zu vermeiden. Bei der Ableitung des Niederschlagswassers sieht die »DAS« eine möglichst ortsnahe Versickerung, Verrieselung oder eine Einleitung über eine Kanalisation in ein Gewässer ohne Vermischung mit Schmutzwasser vor.

Einen wichtigen Bestandteil der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur bilden die Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken. Diese Stauanlagen müssen in Zukunft verstärkt vielfältige Funktionen im Gesamtsystem der Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet erfüllen: Sie dienen der Trinkwasserbereitstellung, der Wasserkraftproduktion und der Abflussregulierung (Niedrigwasseraufhöhung, Hochwasserschutz). Eine derartig flexible Nutzung im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel ist nur bei einem entsprechend integrierten Management der Anlagen möglich.



Abbildung 48



Abbildung 50



Abbildung 49



Abbildung 51



Abbildung 52

Bessere Wassernutzung

Nicht nur die Infrastruktur der Wasserver- und -entsorgung gilt es an die neuen Herausforderungen anzupassen. Auch der Wassereinsatz im Bereich der Wirtschaft und der privaten Haushalte sollte einer Überprüfung unterzogen werden. Zahlreiche technische Methoden und Verbesserungen zur effizienteren Wassernutzung sind möglich: Dazu zählen beispielsweise das Verwenden von Grauwasser (darunter versteht man gering verschmutztes Abwasser, wie es unter anderem beim Duschen anfällt), Regenwasser von Dachabläufen oder Prozesswasser für technische und industrielle Zwecke, für die man keine Trinkwasserqualität benötigt. Ebenfalls in diesen Bereich fallen die Weiterentwicklung von wassersparenden Methoden in gewerblichen/industriellen Herstellungsprozessen, die Vorsorge gegen Wasserverluste im Verteilungsnetz, eine optimierte Kühlung von Kraftwerken oder die Nutzung von gereinigtem Abwasser zur Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen.

Wasserversorgung bleibt sicher

Auch bei einer erfolgreichen Begrenzung des Temperaturanstiegs ist mit Auswirkungen des bereits begonnenen Klimawandels zu rechnen. Insgesamt kann man in Deutschland dennoch für die Zukunft von einer gesicherten Wasserversorgung ausgehen. Jedoch sind regionale Nutzungskonflikte bei oberirdischen Gewässern und insbesondere bei oberflächennahen Grundwasserentnahmen (beispielsweise für Beregnung) nicht auszuschließen: Dies ist vor allem bei längeren und häufiger auftretenden regionalen Trockenheitsphasen und Niedrigwasserperioden denkbar.

Das Wichtigste in Kürze

Die Bundesregierung hat im Dezember 2008 eine Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel verabschiedet. Sie legt den Grundstein für einen Prozess, in dem schrittweise mit den Bundesländern und den gesellschaftlichen Gruppen die Risiken der Klimafolgen identifiziert, der Handlungsbedarf benannt, Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.

Klimaschutzmaßnahmen

Um die zukünftige anthropogene Klimaerwärmung zu begrenzen, werden weltweit bereits zahlreiche Maßnahmen umgesetzt, die zur Verringerung des Ausstoßes von Treibhausgasen beitragen sollen.

- › Emissionsrechtehandel
- › Erneuerbare Energien
- › Energieeinsparungen und -optimierungen



3.3



3.1



Abbildung 53

Eines der wichtigsten im Kyoto-Protokoll verankerten Instrumente der internationalen Klimaschutzpolitik ist der Handel mit Emissionsrechten. Er hat das Ziel, den Schadstoffausstoß dort einzusparen, wo dies am kostengünstigsten möglich ist. Man unterscheidet den Emissionsrechtehandel zwischen Staaten – wie im Kyoto-Protokoll festgelegt – und zwischen Firmen, der in der Europäischen Union stattfindet.

Wie muss man sich das grundsätzliche Prinzip vorstellen? Zuerst wird eine Obergrenze für bestimmte Emissionen festgelegt (beispielsweise für Kohlenstoffdioxid), die innerhalb eines konkreten Gebiets (national oder international) in einem definierten Zeitraum erlaubt sind. In Höhe dieser Obergrenze erfolgt dann die Ausgabe von Zertifikaten: So bezeichnet man die Berechtigungsscheine, die es einem Staat oder einem Unternehmen gestatten, eine bestimmte Menge an Schadstoffen auszustoßen. Da diese Zertifikate frei handelbar sind, bestimmt sich ihr Preis durch die Nachfrage.

Ein Beispiel soll den Emissionsrechtehandel noch einmal verdeutlichen: Die Unternehmen 1 und 2 müssen zusammen zehn Prozent ihres Schadstoffausstoßes reduzieren. Beide Firmen erhalten vom Staat weniger Emissionszertifikate zugeteilt, als sie für den laufenden Betrieb ohne Modernisierungsmaßnahmen benötigen. Während für das Unternehmen 2 die zum Emissionsabbau erforderlichen Investitionen relativ hoch sind, sind die nötigen Investitionen im Unternehmen 1 niedriger. Durch den Emissionsrechtehandel ist es für Firma 1 nun wirtschaftlich attraktiv, 20 Prozent ihres Schadstoffausstoßes abzubauen und die dann nicht benötigten Emissionszertifikate an Firma 2, die selbst keine Emissionsminderung umgesetzt hat, zu verkaufen. Das Klimaschutzziel ist in jedem Fall erreicht: Zehn Prozent der gesamten Emissionen wurden abgebaut.

Emissionsrechtehandel in der Europäischen Union (EU)

Der Emissionsrechtehandel ist auch eine der Maßnahmen, mit denen die Europäische Union versucht, das im Kyoto-Protokoll festgelegte Klimaschutzziel umzusetzen: Es gilt, die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um acht Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Nach dem Prinzip der Lastenteilung haben die EU-Mitgliedsstaaten dieses durchschnittliche Ziel untereinander aufgeteilt. Dabei hat sich Deutschland beispielsweise zu einer Verringerung seiner Treibhausgasemissionen um 21 Prozent verpflichtet.

Der EU-Emissionsrechtehandel trat am 1. Januar 2005 in Kraft – es ist das erste grenzüberschreitende und weltweit größte System dieser Art. Zurzeit erfasst und begrenzt das System den Kohlenstoffdioxidausstoß von rund 12 000 Fabriken und Kraftwerken in 30 europäischen Ländern. Nicht berücksichtigt werden bisher andere Treibhausgase wie Methan oder Lachgas. Auch die Privathaushalte, einige Industrie- und Gewerbebereiche, die Landwirtschaft und der Transportsektor sind noch ausgenommen.

Erneuerbare Energien

Ein weiterer wichtiger Weg zur Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen liegt in der zunehmenden Nutzung von erneuerbaren Energien. Sie werden oft auch als regenerative Energien bezeichnet, da sie aus nachhaltigen, erneuerbaren Quellen stammen, die nahezu unbegrenzt vorhanden sind. Damit stehen sie im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern Kohle, Erdöl und Erdgas sowie zu den Kernbrennstoffen (zum Beispiel Uran), deren Vorkommen bei ständiger Entnahme abnimmt. Zu den erneuerbaren Energien zählen die Solarenergie, die Windenergie, die Wasserkraft, die Nutzung von Biomasse und die Geothermie.

Beim Einsatz der meisten dieser Energien entsteht – im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern – kaum Kohlenstoffdioxid. Sie leisten also einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz.

Solarenergie

Solarenergie ist die erneuerbare Energie schlechthin. Solaranlagen mit Sonnenkollektoren erzeugen Wärme zum Heizen und für warmes Wasser. In Deutschland sind inzwischen über neun Millionen Quadratmeter Kollektorfläche installiert.

So genannte Fotovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung mithilfe von Solarzellen direkt in Strom um. Die Herstellung dieser Anlagen ist allerdings noch sehr energieaufwendig und teuer. Große solarthermische Kraftwerke bündeln das Sonnenlicht mithilfe von Spiegeln, anschließend erfolgt die Umwandlung in elektrische Energie. Solche Kraftwerke sind aber nur in Ländern mit hoher Sonneneinstrahlung wirtschaftlich sinnvoll.



Abbildung 54

Eine Solarstromanlage von Emschergenossenschaft und Lippeverband

Windenergie

Den Spitzenplatz unter den erneuerbaren Energien nimmt in Deutschland die Windenergie ein. Sogar weltweit ist Deutschland führend bei der Windenergieerzeugung. Da an Land bereits die Mehrzahl der geeigneten Standorte erschlossen wurde, steht zunehmend der Ausbau von Anlagen auf hoher See im Mittelpunkt – den sogenannten Offshore-Windenergieanlagen. Die Energieerzeugung



Windrad auf der Kläranlage Havixbeck

Abbildung 55

gung funktioniert relativ einfach: Der Wind treibt wie bei einer Windmühle einen Rotor an. Diese Bewegungsenergie wandelt ein Generator dann in Strom um.

Wasserkraft

Zu den historisch ältesten Energiequellen gehört die Nutzung der Wasserkraft – man denke nur an antike Wassermühlen. Heute wird sie in Wasserkraftwerken in elektrische Energie transformiert. Weltweit ist die Wasserkraft bisher die einzige erneuerbare Energiequelle, die einen großen Beitrag zur Stromversorgung leistet. Damit möglichst viel Strömungsenergie des Wassers entsteht, muss es tief fallen beziehungsweise schnell fließen. Dafür ist der Bau von Staudämmen nötig, die wiederum einen erheblichen Eingriff in die Umwelt darstellen.

Biomasse

Zur Biomasse zählen Holz, Bioabfälle, Mais, Raps, Gülle und andere Stoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft. Durch ihre Verbrennung oder Gärung können Wärme und Strom erzeugt werden. Dabei entsteht zwar auch Kohlenstoffdioxid – allerdings nur so viel, wie die Pflanzen während ihres Wachstums der Atmosphäre entzogen haben. Der Einsatz ist also in der Bilanz kohlenstoffdioxidneutral. Steigende Energiepreise führten in den vergangenen Jahren unter anderem zu einer zunehmenden Verbreitung von Holzpellet-Heizungen. Entsprechend kam es zu einem verstärkten Einsatz von Biomasse zur Energiegewinnung. Im Jahr 2007 wurde zudem erstmals mehr Strom aus Biomasse als aus Wasserkraft produziert. Eines darf man dabei jedoch nicht außer Acht lassen: Agrarflächen, auf denen Pflanzen für die Energieerzeugung wachsen, stehen nicht für den Nahrungsmittelanbau zur Verfügung.

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung von Biomasse ist die Herstellung von Bioerdgas und Wasserstoff (H_2) als Energieträger. Hierfür eignen sich insbesondere Kläranlagen, da sie auf eigene Ressourcen zurückgreifen können. Diesen Weg geht auch die Emschergenossenschaft mit ihrem Projekt EuWaK (Erdgas und Wasserstoff auf Kläranlagen): Auf der Kläranlage Bottrop wird aus dem anfallenden Klärschlamm und anderen Bioabfällen Faulgas erzeugt. Dieses Gasmisch besteht überwiegend aus Methan (CH_4) sowie aus Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und anderen Spurenstoffen. Methan wiederum ist ein hochwertiger Brennstoff und Hauptbestandteil von Erdgas. Das aus der Biomasse gewonnene Bioerdgas wird in einem weiteren Schritt zu Wasserstoff aufbereitet. Ein entscheidender Vorteil von Wasserstoff, der aus regenerativen Quellen stammt, ist die Tatsache, dass sein Einsatz keine Auswirkungen auf die Kohlenstoffdioxid-Bilanz der Atmosphäre hat. Der auf der Kläranlage Bottrop produzierte Wasserstoff betreibt einen Motor, der eine rund einen Kilometer entfernte Schule mit Strom und Wärme versorgt. Das verbleibende Bioerdgas dient der Betankung von Erdgasfahrzeugen des Unternehmens.

Unser Tipp: Vereinbaren Sie einen Besichtigungstermin für die Kläranlage Bottrop und die dortige Bioerdgastankstelle. Hier lassen sich Theorie und Praxis auf interessante Weise verbinden. Die Kontaktdaten finden Sie im Anhang.



Bioerdgastankstelle auf der Kläranlage Bottrop

Abbildung 56

Geothermie

Die derzeit noch am wenigsten genutzte regenerative Ressource ist die Wärme aus der Erdkruste. Sie kann – angezapft durch Bohrungen – direkt zum Heizen oder zur Erzeugung von Strom eingesetzt werden. Mit elektrischen Wärmepumpen lässt sich beispielsweise ein Gebäude beheizen oder Wasser erwärmen. Geothermiekraftwerke verwenden heißes Wasser aus Tausenden Metern Tiefe zur Stromproduktion.

Auch die Emschergenossenschaft hat beim Umbau eines Verwaltungsgebäudes auf Erdwärme gesetzt: Für die Beheizung von 1700 Quadratmeter Bürofläche in einem Gebäudetrakt wurden zehn Erdsonden 99 Meter tief in die Erde versenkt. Sie erbringen eine Heizleistung von 40,2 Kilowatt. Durch ihren Einsatz reduziert sich der Kohlenstoffdioxidausstoß. Zusätzlich kann der Wasserwirtschaftsverband jährlich Energiekosten in Höhe von rund 10 000 Euro einsparen.



Bohrung für die Versenkung der Erdsonden auf dem Gelände der Emschergenossenschaft in Essen

Co-Vergärung

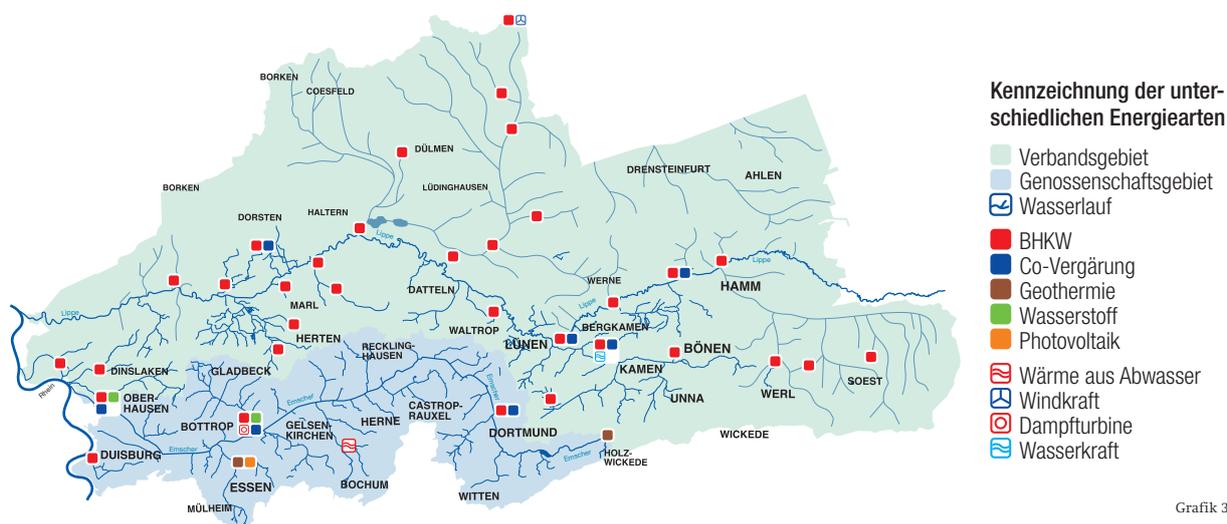
Auch die sogenannte Co-Vergärung ist ein guter Weg zur Energiegewinnung. Faulähnliche Abfälle aus Industrie und Gewerbe lassen sich zusammen mit Klärschlamm verarbeiten. Bei der Vergärung entsteht Methan, das durch Verbrennung energetisch genutzt wird. Ein Verfahren, das auch bei der Emschergenossenschaft und dem Lippeverband eingesetzt wird.

Energiesparen als Energiequelle

»Die beste Energie ist immer noch die, die nicht gebraucht wird« – so oder ähnlich klingen die häufig zu hörenden Hinweise, wenn es um das Thema Energiesparen geht. Schon seit Jahren sind sich die Energieexperten darüber einig, dass es bereits mit den aktuell verfügbaren Techniken möglich ist, die hohen Energieverluste in den Industrieländern stark zu reduzieren. Bei der Umsetzung von Energiesparmaßnahmen ist das Engagement von Staaten, Unternehmen und Privatleuten gefragt.

Viele Firmen wie beispielsweise auch die Emschergenossenschaft und der Lippeverband nutzen dieses Potenzial, durch den Einsatz modernster Techniken der Energieerzeugung und -verwendung einen maßgeblichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Beide Wasserwirtschaftsverbände sind in der Emscher-Lippe-Region unter anderem für die Reinigung des Abwassers von circa vier Millionen Einwohnern und der ansässigen Industrie- und Gewerbebetriebe zuständig. Hierfür kommen 58 Kläranlagen (Stand: Dezember 2009) zum Einsatz. Der Energieverbrauch dieser Anlagen ist ein wesentlicher Kostenfaktor: Allein für den Kläranlagenbetrieb beziehen Emschergenossenschaft und Lippeverband Strom im Wert eines zweistelligen Millionen Euro-Betrags pro Jahr. Durch eine stetige Verbesserung in der Betriebsweise, den Einsatz energiesparender Verfahrenstechnik und die Steigerung der Eigenenergieerzeugung konnte der Strombezug für die Kläranlagen von 2002 bis 2008 um circa 13 Prozent reduziert werden.

Eigenenergienutzung bei Emschergenossenschaft und Lippeverband



Grafik 35

Insbesondere die nachhaltige Eigenenergieerzeugung stellt ein effektives Instrument zum Schutz des Klimas dar: Denn Abwasser ist eine einheimische, sichere, langfristige und regenerative Energiequelle. Heute betreiben Emschergenossenschaft und Lippeverband ihre Kläranlagen bereits zu einem großen Anteil mit Eigenenergie.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist auch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung. Darunter versteht man die gleichzeitige Herstellung von Strom und verwertbarer Wärme für Heizzwecke oder Produktionsprozesse in einem Heizkraftwerk. Die Kraft-Wärme-Kopplung birgt ein noch immer vielfach unterschätztes Energieeinsparpotenzial, denn die Abgabe von ungenutzter Abwärme an die Umgebung wird weitgehend vermieden. Das auf Kläranlagen erzeugte Faulgas lässt sich unter anderem in Blockheizkraftwerken (BHKW) einsetzen. Mit diesen kleinen oder mittelgroßen Kraftwerken kann man die Wärmeversorgung der näheren Umgebung (wie beispielsweise eines Wohn-»Blocks« oder Betriebsgebäudes) sicherstellen.

Welche Energiesparmaßnahmen die privaten Haushalte umsetzen können – also jeder Einzelne von uns –, darauf gehen wir in Kapitel 5 ausführlich ein.

Das Wichtigste in Kürze

- Der Emissionsrechtehandel ist ein zentrales ökonomisches und ökologisches Instrument der internationalen Klimapolitik. Er zielt darauf ab, dass dort in den Klimaschutz investiert wird, wo die geringsten Kosten entstehen. Damit führt das Verfahren zur zielgerichteten Kohlenstoffdioxidreduzierung, lässt aber gleichzeitig den Unternehmen Spielraum bei der Umsetzung. Bisher wird im EU-Emissionsrechtehandel, dem größten Handelssystem weltweit, allerdings nur der Kohlenstoffdioxidausstoß einiger ausgewählter Industriebereiche erfasst und begrenzt.
- Regenerative Energien können, wenn sie fossile Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) ersetzen, einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Deutschland zählt weltweit zu den Technologieführern auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien wie Solarenergie, Windenergie an Land und auf See (offshore), Wasserkraft, Biomasse oder Erdwärme.
- Gezielte Energieeinsparmaßnahmen dienen ebenfalls dem Klimaschutz.

Anpassungsstrategien – drei Beispiele

In einigen Gebieten sind die Auswirkungen des Klimawandels schon so konkret, dass regionale Anpassungsmaßnahmen bereits seit vielen Jahren oder auch Jahrzehnten geplant und praktiziert werden.

- › Meeresspiegelanstieg
- › Klimaveränderungen in den Alpen
- › Flucht vor der Wärme



Auch New York ist vom Meeresspiegelanstieg bedroht

Abbildung 58

Eine der wichtigsten Folgen des Klimawandels ist der Anstieg des globalen Meeresspiegels in den kommenden Jahrzehnten. Hier sind weltweit vor allem die Küstenregionen betroffen – und damit auch viele Megastädte wie Schanghai oder New York.

Anpassung in den Niederlanden und in Bangladesch

Zu den Ländern, die durch einen Anstieg des Meeresspiegels am stärksten gefährdet sind, gehören Bangladesch und die Niederlande. Hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit existieren jedoch gravierende Unterschiede.

Die Niederlande müssen sich – bedingt durch ihre tiefe, küstennahe Lage – besonders vor einem weiteren Anstieg des Meeresspiegels schützen. Bereits heute liegen rund 40 Prozent der Landesfläche unterhalb des Meeresspiegels. Ohne Deiche wäre dieser Teil des Lands dauerhaft überschwemmt und über 60 Prozent der Landesfläche mit zehn Millionen Einwohnern lägen im Risikobereich einer Sturmflut. Deshalb kämpfen die Menschen

in den Niederlanden seit Jahrhunderten gegen die Gewalten des Meers an und versuchen, existierende Landflächen zu bewahren und neue hinzuzugewinnen. Auch im Landesinneren ist der Deichbau ein wichtiges Thema. Entlang der Flüsse Rhein, Maas und Waal wurden seit dem elften Jahrhundert Deiche zum Schutz der angrenzenden Landflächen gebaut. Derzeit kommen die Niederlande auf eine Deichlänge von insgesamt rund 3 000 Kilometern. Die existierende Infrastruktur bietet also bereits ein hohes Schutzniveau. Ein weiterer Ausbau soll auch künftigen Anforderungen gerecht werden. Die technischen und finanziellen Kapazitäten sind vorhanden: So plant die niederländische Regierung beispielsweise, die Höhe des Küstenbodens durch die Aufschüttung von Sand in gleichem Maß mit dem Anstieg des Meeresspiegels wachsen zu lassen. Im Landesinneren erhalten die Flüsse mithilfe von Deichabsenkungen oder -rückverlegungen wieder mehr Raum als Überflutungsflächen. Zudem ist geplant, den Wasserspiegel des Ijsselmeers zu erhöhen und somit das Süßwasserreservoir zu vergrößern.

In Bangladesch stellen sich die Probleme im Zusammenhang mit einem Anstieg des Meeresspiegels komplexer und dramatischer dar. Weite Teile des Lands liegen ebenfalls nur knapp über dem Meeresspiegel und im Mündungsbereich der großen Flüsse Ganges, Brahmaputra und Meghna. Mit einer Bevölkerungsdichte von mehr als 1000 Menschen je Quadratkilometer ist Bangladesch der am dichtesten besiedelte Flächenstaat der Welt (zum Vergleich: In Deutschland kommen wir auf rund 230 Einwohner/Quadratkilometer, in den Niederlanden auf rund 390 Einwohner/Quadratkilometer). Gleichzeitig zählt es zu den ärmsten Ländern der Erde. Bezogen auf die Anzahl der Bewohner ist die Küstenregion Bangladeschs das weltweit am stärksten vom Meeresspiegelanstieg betroffene Gebiet: 15 Millionen Menschen leben hier.

Ähnlich wie in den Niederlanden drohen Überschwemmungen sowohl von der See als auch von über die Ufer tretenden Flüssen, wobei die Situation in Bangladesch noch durch tropische Wirbelstürme und Monsunregen verschärft wird. Auf den Bau moderner Flussdeiche musste das Land bisher aber



Das Ganges-Brahmaputra-Meghna-Delta: Die exponierte Küstenzone (blaugrüne Fläche) würde bei einem Meeresspiegelanstieg von einem Meter weitgehend verloren gehen. Die gelben und roten Linien zeigen das Eindringen von Meerwasser in den letzten Jahrzehnten.

nicht nur aus finanziellen und technischen Gründen verzichten. Er hätte zudem den Verlust von kostbaren landwirtschaftlichen Flächen zur Folge – ohnehin ein knappes Gut in dem bevölkerungsreichen Staat. Die großen Flusshochwasser 1992 und 1998 überfluteten mehr als die Hälfte der Landesfläche.

Ein Meeresspiegelanstieg würde bisherige Landgebiete in Teile des Ozeans verwandeln: Der Anstieg von einem Meter führt ohne Küstenschutzmaßnahmen zu einer dauerhaften Überschwemmung von 25 000 Quadratkilometern Landfläche. Zudem staut sich das Wasser der großen Flüsse, die in den Golf von Bengalen münden, durch den Anstieg des Meeresspiegels auf. Damit fließen sie weniger schnell ab, was wiederum verstärkte Überschwemmungen bis tief ins Land hinein nach sich ziehen kann.

Ein besonderes Problem stellt das Eindringen von salzhaltigem Meerwasser in das Landesinnere dar. Seit 1967 hat die Versalzung des Bodens und der inländischen Gewässer stark zugenommen, mit weitreichenden Folgen für die Landwirtschaft und die menschliche Gesundheit. Auf versalzten Böden sinkt der Ertrag von Reis, Gemüse und anderen Kulturen. Das wäre vor dem Hintergrund der ohnehin problematischen Ernährungssituation in Bangladesch verheerend. Profitieren würden davon lediglich die Shrimps-Farmen, da die Shrimps in salzhaltigen Gewässern gut gedeihen. Eine warmfeuchte Umgebung mit mäßig hohem Salzgehalt begünstigt zudem die Vermehrung gefährlicher Krankheitserreger. Daher ist mit einer verstärkten Ausbreitung beispielsweise von Cholera oder Malaria zu rechnen.

Schließlich droht bei einem Meeresspiegelanstieg der Verlust der Sundarbans – der größten zusammenhängenden Mangrovenwälder der Welt. Sie sind nicht nur das letzte Rückzugsgebiet des bengalischen Tigers, sondern auch eine natürliche Barriere gegen Stürme. Der steigende Salzgehalt schädigt die Mangroven bereits heute.

Welche Anpassungsmöglichkeiten an einen höheren Meeresspiegel hat nun Bangladesch? Im Gegensatz zu den Niederlanden gibt es bisher keinen ausgedehnten Schutz durch moderne Deiche und/oder Sperrwerke. Oft werden nur Erdwälle angelegt, um einen Mindestschutz vor Hochwasser zu erzielen. Diese Erdwälle sind jedoch, ebenso wie die existierenden Erddeiche, sehr häufig erosionsgefährdet. Die Errichtung umfangreicher und moderner Deichanlagen ist ebenfalls problembehaftet: Bei einem Anstieg des Meeresspiegels um einen Meter rechnet man mit einer Erhöhung der »üblichen« Flutwellen von derzeit 7,4 Metern auf bis zu über neun Meter. Küstendeiche müssten also eine enorme Höhe annehmen, um ein angemessenes Schutzniveau zu bieten. Hier ist das Land auf internationale finanzielle und technische Hilfe angewiesen.

Klimaanpassung in der Alpenregion

Die Folgen des Klimawandels gehören auch zu den größten Bedrohungen für das Bergökosystem Alpen. Hier reagiert die Natur besonders empfindlich, da sich nirgendwo sonst in Europa so viele sensible Naturräume auf vergleichsweise kleiner Fläche befinden. Die Auswirkungen der Erderwärmung sind in den Alpen ungefähr dreimal so hoch wie im weltweiten Durchschnitt. Sie betreffen zudem ein dicht besiedeltes (14 Millionen Einwohner auf knapp 200 000 Quadratkilometern) und sehr touristisches Gebiet. Regionale Klimamodelle und -projektionen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg gehen von folgenden Klimaveränderungen für die Alpenregion in der Zukunft aus:

- | einem stärkeren Anstieg der Temperatur im Winter als im Sommer
- | der sommerlichen Abnahme und winterlichen Zunahme des Niederschlags
- | mehr Regen als Schnee
- | einem Rückgang von Eis- und Frosttagen
- | einer früheren Schneeschmelze und damit einer Verschiebung des maximalen Wasserabflusses vom Frühling in den Winter
- | einem steigenden Risiko von Extremwetterlagen

Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Alpen

Zeitlicher Verlauf der im Gletschereis gespeicherten Wasservolumina in der Schweiz und in den europäischen Alpen von 1850 bis 2005

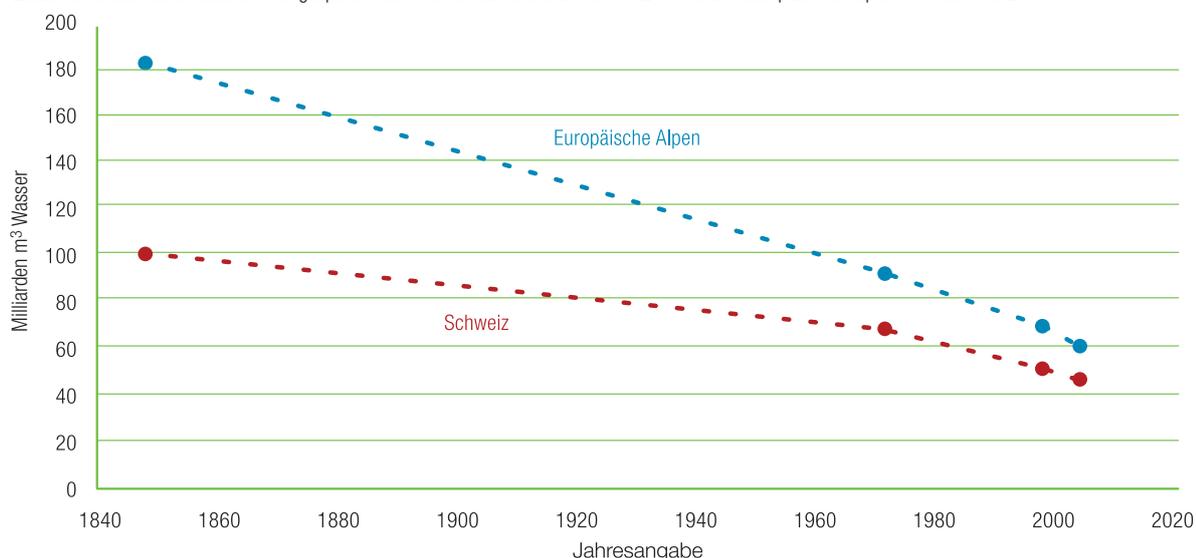




Abbildung 59

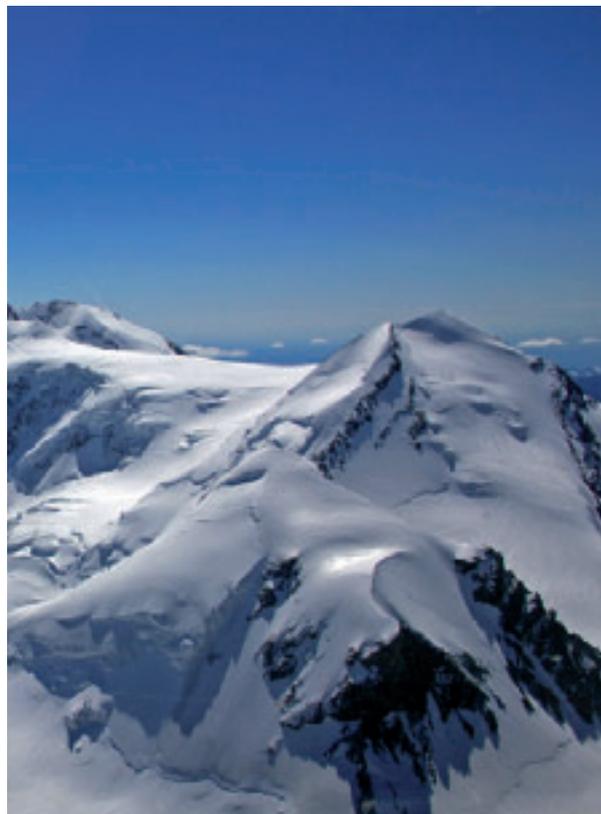


Abbildung 60

Eine derartige Entwicklung des Klimas würde die Naturgefahren im Alpenraum deutlich erhöhen. Die steigende Tendenz zu Starkniederschlägen führt zu vermehrten Hochwassern, Überschwemmungen und Hangrutschungen. Zunehmende Temperaturen im Winter schmelzen den Permafrostboden auf – in der Folge gehen vermehrt Schuttströme und Muren ab. Auch Steinschläge können zunehmen. Mit der Verschiebung von Vegetationszonen in höhere Lagen sind zudem viele alpine Pflanzenarten gefährdet oder sterben regional aus. Aufgrund der Erwärmung schmelzen die Gletscher ab und die Schneedecke wird in niedrigeren Lagen dünner. Die Schneesicherheit vieler Wintersportgebiete geht zurück.

In der Alpenregion haben die Diskussion und Umsetzung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel daher längst begonnen. Ziel der Anrainerstaaten (Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Österreich, Schweiz, Slowenien) ist

es sogar, die Alpen zu einer Vorbildregion für Prävention und Anpassung an den Klimawandel zu machen. Auf der zehnten Alpenkonferenz im März 2009 im französischen Evian wurde ein entsprechender Aktionsplan verabschiedet. Zu den vorgesehenen Maßnahmen zählt beispielsweise, Tourismusunternehmen, die kohlenstoffdioxidarme Reiseangebote machen, mit einem Preis für nachhaltigen Alpentourismus auszuzeichnen. Man möchte darüber hinaus einen ökologischen Verbund schaffen, der Pflanzen- und Tierarten eine Chance bietet, ihren Standort gemäß dem Wandel der Vegetationszonen zu verändern. Die Förderung ökologischer Bauvorhaben und der verstärkte Einsatz kleiner Wasserkraftwerke zur Schonung der Wasserwelt und der Biodiversität, also der Vielfalt von Pflanzen- und Tierarten, sind weitere Ansätze des Aktionsplans.

Flucht vor der Wärme – auch eine Anpassungsstrategie

Zu einer extremen Form der Anpassung an den Klimawandel sind möglicherweise die Bewohner des Inselstaats Tuvalu gezwungen: Bei einem weiteren Anstieg des Meeresspiegels bleibt ihnen nur noch die Flucht in andere Länder. Schlimmstenfalls müssen sie ihre Heimat vollständig aufgeben. Wie kann es dazu kommen?

Tuvalu liegt im Südwesten des Pazifischen Ozeans, südlich von Hawaii und nördlich von Australien. Mit einer Fläche von 26 Quadratkilometern ist es einer der kleinsten Staaten der Welt. Auch an der höchsten Stelle ragt das Land nur drei Meter aus dem Wasser, an der breitesten Stelle misst es 400 Meter. Ein Meeresspiegelanstieg führt zu stärkeren Überschwemmungen, zum Verlust von Küstenregionen und zur allmählichen Versalzung der Böden und des Grundwassers. Damit sind die ohnehin knappen Trinkwasserressourcen von Tuvalu bedroht und auch die Ernteerträge gehen durch die Bodenversalzung zurück. Als Folge der



Grafik 38

Klimaerwärmung gibt es zudem häufigere und stärkere Sturmfluten. Natürliche Wellenbrecher wie beispielsweise Korallenriffe werden zerstört, da sie sehr sensibel auf Temperaturschwankungen reagieren. Damit nimmt die Geschwindigkeit der Küstenerosion noch zu, denn die Korallenriffe können nicht mehr so viel Sand produzieren, der die Sandstrände bewahrt.

Kleine Inselstaaten wie Tuvalu sind kaum in der Lage, ausreichende Anpassungsmaßnahmen gegen diese negativen Folgen des Klimawandels zu ergreifen. Es fehlt nicht nur an Geld und Technologie – das Land ist einfach zu klein. So bleibt als letzter Ausweg nur die Flucht.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Klimaschutz oder Anpassung an den Wandel?



Tausende flüchten vor Überschwemmungen in Bangladesch

Deutschland senkt CO₂-Ausstoß

Emissionsrechtehandel nimmt in den letzten Monaten stark zu

Niederlande wollen Deiche an der Küste erhöhen

Emschergenossenschaft reduziert Stromverbrauch um sechs Prozent

Neue Flussauen entstehen durch Renaturierungsmaßnahmen an der Lippe

Hochwasser kann kommen – neue Deiche halten

Biokraftstoffe liegen im Trend

Kommt die Malaria nach Deutschland

Deutschland weiterhin führend bei Windenergieerzeugung

Eure Aufgaben:



- ➔ Ordnet die Zeitungsüberschriften den beiden Möglichkeiten Klimaschutz oder Anpassung zu. Diskutiert, wo es Überschneidungen gibt.
- ➔ Findet sowohl für den Klimaschutz als auch für die Anpassung an den Klimawandel Ausschnitte aus euren regionalen Zeitungen. Stellt diese zusammen. Stellt dabei fest, welche Gruppe der Überschriften häufiger vertreten ist.
- ➔ Diskutiert, warum eine Gruppe Überschriften überwiegt. Gibt es hier auch im Laufe eines Jahr Unterschiede?



Dieses Arbeitsblatt wurde mit Unterstützung von Carola Soltau, Gesamtschule Horst, Gelsenkirchen, erstellt.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Kyoto-Protokoll



Auf der Klimakonferenz in Kyoto wurden erstmals rechtlich verbindliche Ziele für Emissionshöchst-mengen für die Industrieländer international festgelegt. Die unterschiedlichen Zielwerte sind unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Situation der Länder zustande gekommen. Kritiker werfen einigen Ländern politisches Taktieren vor, damit sie nicht in die Pflicht genommen werden.

Emissionstrends in 25 Industrieländern | Reduktion von Treibhausgasen bis 2004

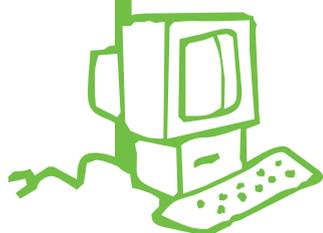
Land	Emissionen 1990 (Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalente)	Veränderungen Ziel 1990 bis 2004 (%)	Ziel Kyoto-Protokoll (%)
USA	6 103,3	15,8	
Russland	2 974,9	-32,0	0,0
Japan	1 271,1	6,5	-6,0
Deutschland	1 226,3	-17,2	-21,0
Ukraine	925,4	-55,3	0,0
Großbritannien	776,1	-14,3	-12,5
Kanada	598,9	26,6	-6,0
Frankreich	567,1	-0,8	0,0
Polen	564,4	-31,2	-6,0
Italien	519,6	12,1	-6,5
Australien	423,1	25,1	
Spanien	287,2	49,0	15,0
Rumänien	262,3	-41,0	-8,0
Niederlande	213,0	2,4	-6,0
Tschechien	196,2	-25,0	-8,0
Türkei	170,2	72,6	
Belgien	145,8	1,4	-7,5
Bulgarien	132,3	-49,0	-8,0
Weißrussland	127,4	-41,6	
Ungarn	123,1	-31,8	-6,0
Griechenland	108,7	26,6	25,0
Österreich	78,9	15,7	-13,0
Slowakei	73,4	-30,4	-8,0
Schweden	72,4	-3,5	4,0
Finnland	71,4	14,5	0,0

Grafik 39

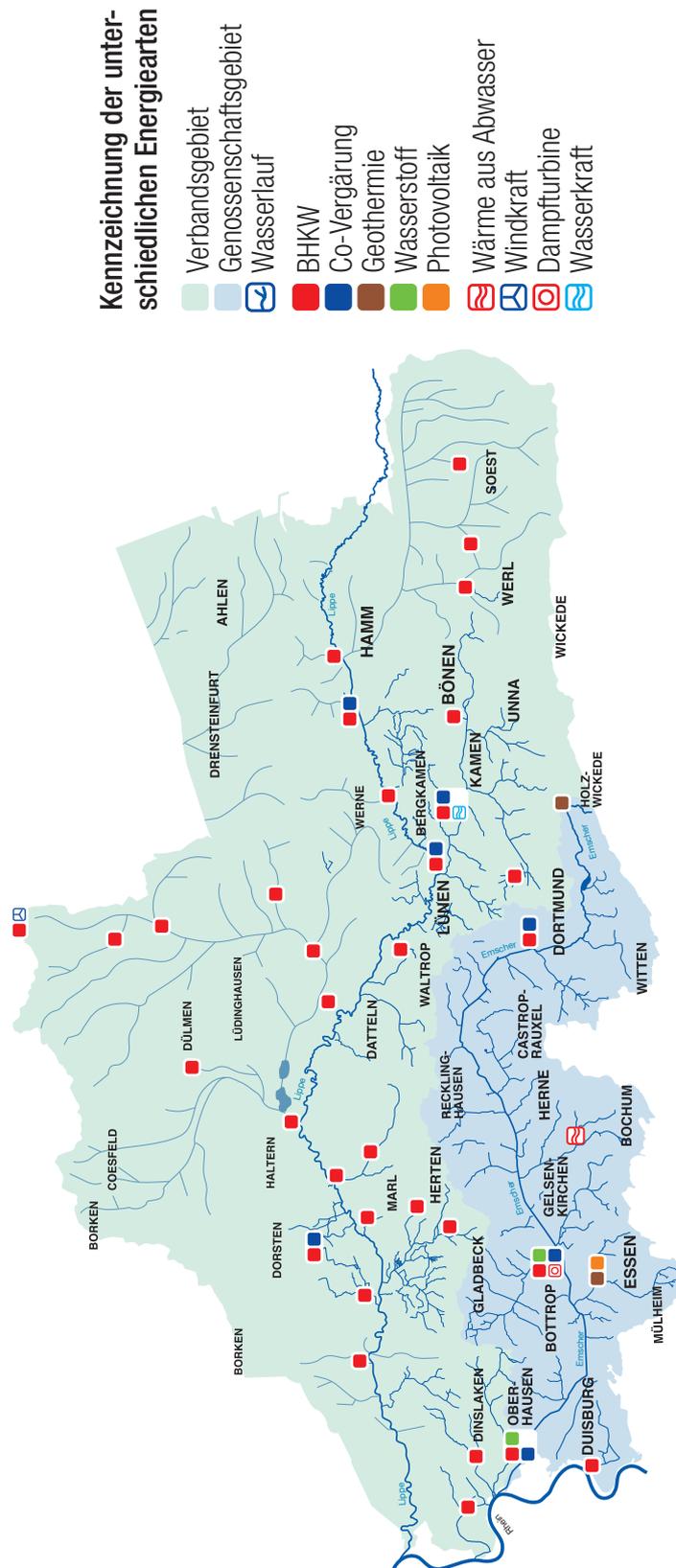
Eure Aufgaben:



- ➔ Recherchiert die aktuellen Zahlen für fünf Länder, die ihr euch aus der Tabelle aussucht. Nutzt dazu das Internet. Vergleicht diese mit den Zahlen aus der Tabelle.
- ➔ Welche Länder haben ihr Ziel bereits jetzt erreicht oder ihre Emissionen noch weiter gesenkt?
- ➔ Welche Länder betreiben, wenn man die Tabelle betrachtet, erfolgreichen Klimaschutz?
- ➔ Welche Länder tun im Vergleich zu anderen wenig für den Klimaschutz?



Maßnahmen und Projekte der Eigenenergieerzeugung bei Emschergenossenschaft und Lippeverband



Grafik 57

Klimawandel – was tun wir in der Region?

4

- › Klimawandel in Nordrhein-Westfalen und in der Emscher-Lippe-Region | 94
- › Die Folgen des Klimawandels in unserer Region | 99
- › Flussmanagement pur – Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in der Emscher-Lippe-Region | 110



Abbildung 62

Klimawandel in Nordrhein-Westfalen und in der Emscher-Lippe-Region

Weltweit müssen sich die Menschen, Tiere und Pflanzen mit den Folgen des Klimawandels auseinandersetzen. Aber abhängig von der jeweiligen Region werden die Auswirkungen sehr unterschiedlich ausfallen. Welche Entwicklungen sind nun bei uns zu erwarten?

- Zukünftiges Klima in Nordrhein-Westfalen
- Klimawandel in der Emscher-Lippe-Region
- Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen

F
4.1
4.3

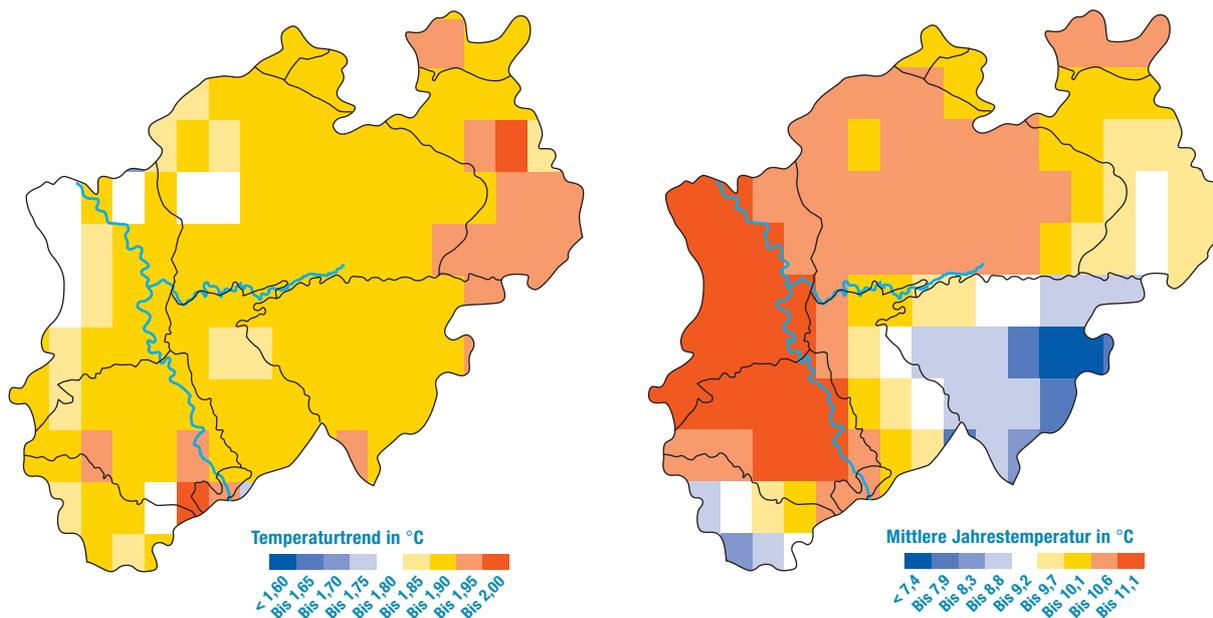
Die regionalen Klimaprojektionen für Nordrhein-Westfalen zeigen, dass der Klimawandel hier – im Vergleich zu anderen Gebieten in Europa und der Welt – wahrscheinlich nur in relativ geringem Maß stattfindet.

Es wird in allen Monaten wärmer, besonders deutlich aber im Sommer. Dann können die Temperaturen sogar bis zu drei Grad Celsius zunehmen. Die geringste Erwärmung erwarten die Wissenschaftler im Frühjahr. Im Winter führt der Temperaturanstieg dazu, dass die Niederschläge öfter als Regen und seltener als Schnee fallen.

Das zukünftige Klima in Nordrhein-Westfalen

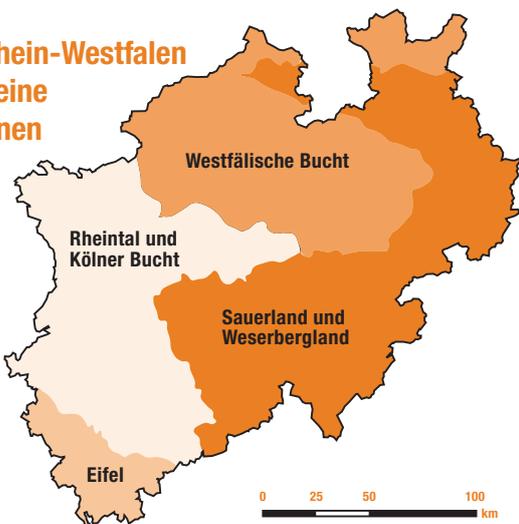
Schauen wir uns als Erstes die Temperatur an: Für den Zeitraum 2031 bis 2060 ist in Nordrhein-Westfalen mit einem Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um 1,9 Grad Celsius gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961 bis 1990 zu rechnen.

Szenarien zum Temperaturtrend und zur mittleren Jahrestemperatur in Nordrhein-Westfalen 2031 bis 2060



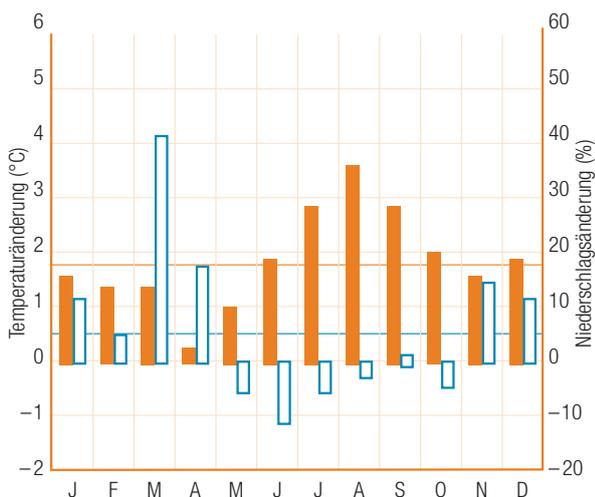
Grafik 40

**Nordrhein-Westfalen
 und seine
 Regionen**

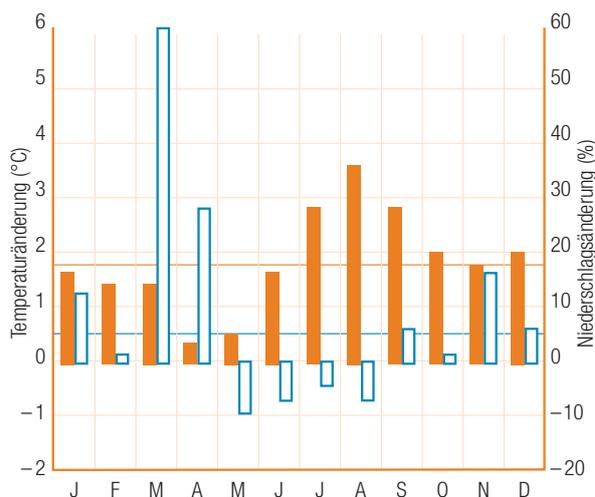


Was die jährlichen Gesamtmengen der Niederschläge anbelangt, so kommen die Klimaszenarien zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen: Voraussichtlich wird der mittlere Jahresniederschlag aber um etwa fünf Prozent zunehmen. Dabei ist mit einer deutlichen Verschiebung in die Wintermonate zu rechnen – etwa zehn bis 20 Prozent mehr Niederschläge in der kalten Jahreszeit. In den Sommermonaten hingegen gibt es um bis zu 20 Prozent weniger Niederschläge.

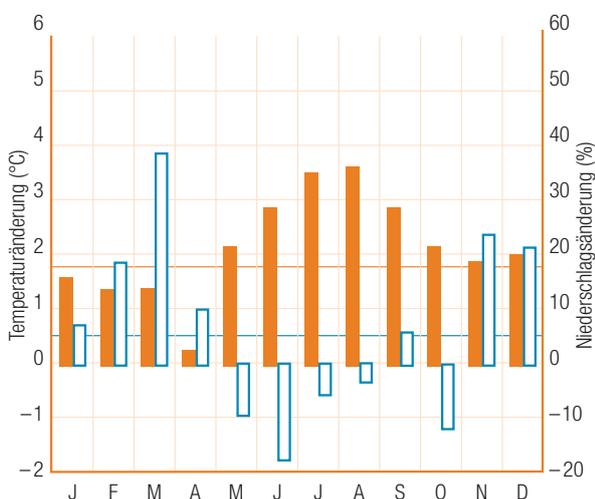
Rheintal und Kölner Bucht



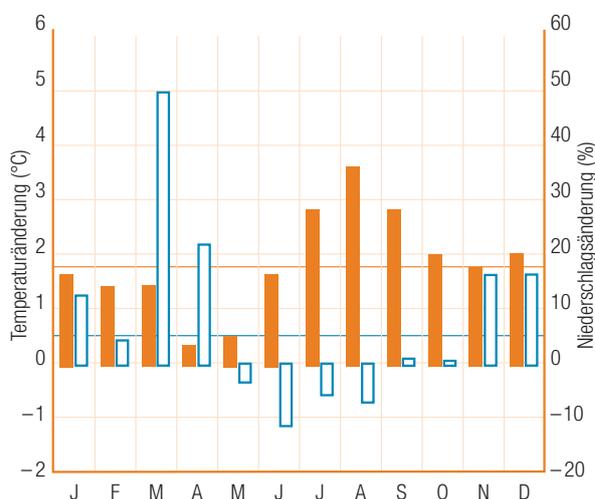
Westfälische Bucht



Eifel



Sauerland und Weserbergland



■ Monatstemperatur □ Monatsniederschläge

Grafik 41



Emscherquellhof

Abbildung 63



Emscher

Abbildung 65



Lippe

Abbildung 64

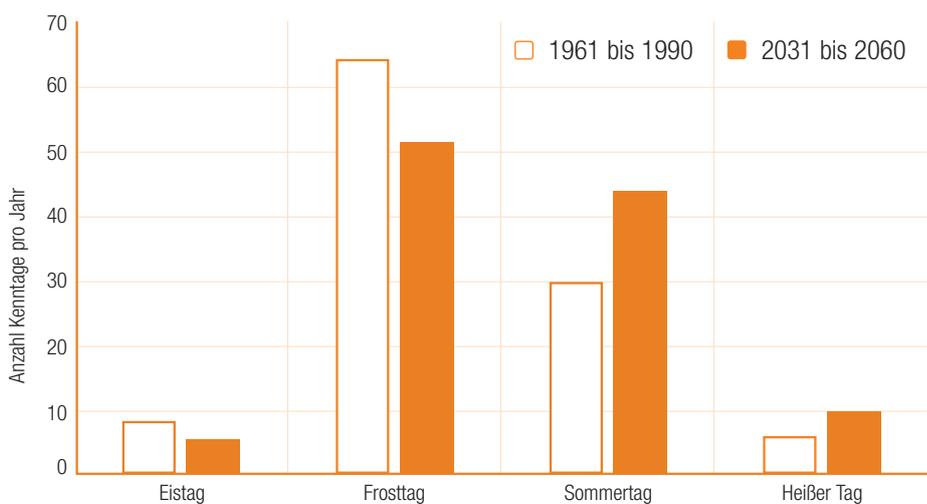


Innenhafen Duisburg

Abbildung 66

Anzahl der Kenntage für 1961 bis 1990 und 2031 bis 2060

(nach dem Emissionsszenario A1B am Beispiel der Station Lüdinghausen in der Westfälischen Bucht)



Grafik 42

Eistag:

Die Tageshöchsttemperatur klettert nicht über 0 °C

Frosttag:

Die Temperatur fällt mindestens einmal am Tag unter 0 °C

Sommertag:

Die Tageshöchsttemperatur überschreitet 25 °C

Heißer Tag:

Die Tageshöchsttemperatur überschreitet 30 °C

Der Klimawandel sorgt in Nordrhein-Westfalen nicht nur für steigende Temperaturen und Niederschlagsmengen. Auch Wetterextreme wie Hitzeperioden und Starkregenereignisse werden voraussichtlich häufiger auftreten.

Beispielhaft für das ganze Bundesland zeigt die Klimastation Lüdinghausen in der Westfälischen Bucht, dass wir künftig mit deutlich mehr Sommertagen und heißen Tagen – wie bereits im Hitzesommer 2003 – rechnen müssen.

Die Emscher-Lippe-Region – mitten in Nordrhein-Westfalen



Grafik 43

Klimawandel in der Emscher-Lippe-Region

In den einzelnen Regionen Nordrhein-Westfalens erwarten die Klimaforscher ebenfalls verschiedene Folgen des Klimawandels. Das liegt unter anderem an den zum Teil sehr ausgeprägten Höhenunterschieden innerhalb unseres Bundeslands. So wird beispielsweise die durchschnittliche Jahrestemperatur in den Mittelgebirgsregionen Sauerland und Weserbergland auch künftig geringer sein als in anderen Gebieten des Lands.

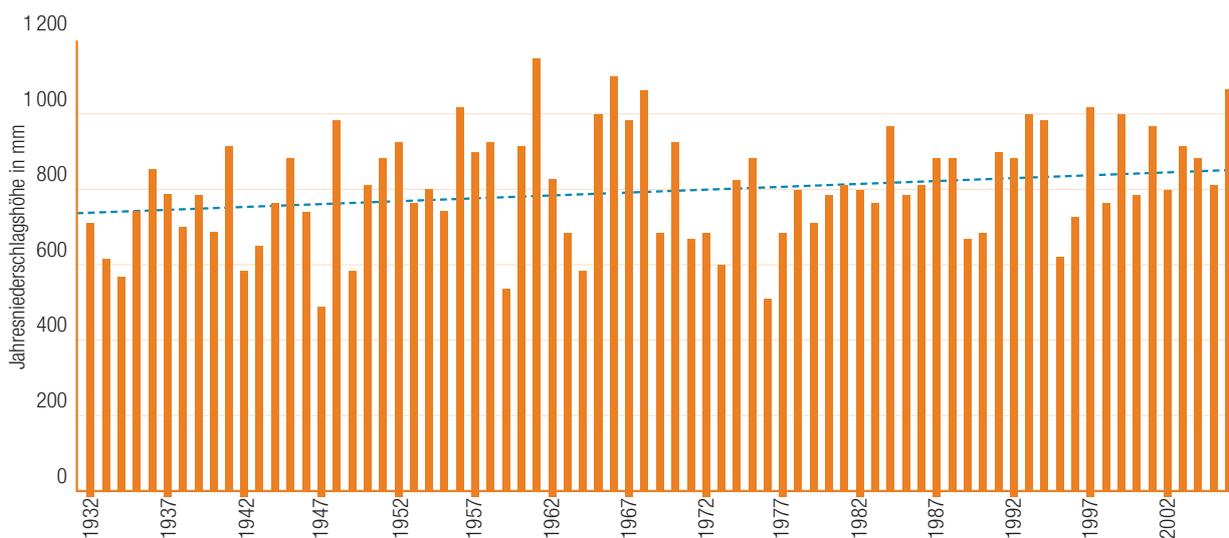
Die Emscher-Lippe-Region liegt in der flachen Landschaft der Westfälischen Bucht. Sie gehört damit zur Großlandschaft Westfälische Bucht (Münsterland) und Westfälisches Tiefland.

Hier ist im Zeitraum 2031 bis 2060 im Vergleich zu 1961 bis 1990 mit einem Anstieg der Durchschnittstemperatur und mit einer Zunahme der Niederschläge zu rechnen. Letztere werden – wie in allen Regionen Nordrhein-Westfalens – verstärkt im Winterhalbjahr auftreten. Bisher fallen sie vornehmlich in den Sommermonaten.

Schon heute lassen sich die Veränderungen im Niederschlagsverhalten für die Emscher-Lippe-Region gut belegen: Das von Emschergenossenschaft und Lippeverband betriebene Niederschlagsmessnetz erfasst die entsprechenden Daten über viele Jahrzehnte. Von den zurzeit 72 Messstationen ermitteln 16 Stationen die Niederschlagsvolumina seit mehr

Entwicklung der Niederschlagshöhen im Raum Bochum

Entwicklung der Niederschlagshöhen im Raum Bochum. Das ermittelte Trendverhalten ist mathematisch nicht signifikant, sondern als Tendenz in der Langzeitentwicklung der Niederschläge zu verstehen. Die zufälligen Schwankungen zwischen den Jahren sowie die Schwankungsbreite insgesamt sind sehr hoch.



Grafik 44

als 70 Jahren. Die Analysen der langjährigen Beobachtungen zeigen, dass die jährlichen Niederschlagsmengen bereits zunehmen: in den vergangenen 30 Jahren etwas mehr als zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Der steigende Trend ist in den Winterhalbjahren deutlich stärker ausgeprägt als in den Sommerhalbjahren.

Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen

Regionale Besonderheiten beeinflussen maßgeblich die Auswirkungen des Klimawandels. Damit diese lokalen Faktoren ausreichend Berücksichtigung finden, hat die Landesregierung eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Nordrhein-Westfalen erarbeitet.

In dieser Strategie werden acht unterschiedliche Lebens-, Umwelt- und Wirtschaftsbereiche betrachtet und ihre jeweilige Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel ermittelt: Landwirtschaft und Boden, Wald und Forstwirtschaft, biologische Vielfalt und Naturschutz, Wasserwirtschaft, Tourismus, Gesundheit, Städte und Ballungsräume sowie Anlagensicherheit. Basis dafür sind kleinräumige Klimaprojektionen, die sich auf ein Gebiet von 18 x 18

Kilometern beziehen. Als bevölkerungsreichstes und am dichtesten besiedeltes Bundesland mit einer ausgeprägten Land- und Forstwirtschaft ist es gerade für Nordrhein-Westfalen wichtig, sich rechtzeitig auf die Folgen des Klimawandels einzustellen. Die Anpassungsstrategie zeigt hierfür einige Möglichkeiten auf und stellt bereits laufende Maßnahmen der Landesregierung vor. Langfristig sollen die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf Menschen und Umwelt verringert werden. Gleichzeitig gilt es, Chancen zu nutzen, die sich aus den Folgen der Klimaänderungen ergeben.

Das Wichtigste in Kürze

- In Nordrhein-Westfalen ist im Rahmen des Klimawandels voraussichtlich mit einem Temperaturanstieg und mit einer Zunahme der Niederschläge zu rechnen. Die Niederschläge werden vermehrt in den Wintermonaten und weniger in den Sommermonaten fallen.
- Dies gilt auch für die Emscher-Lippe-Region.
- Die Anpassungsstrategie der Landesregierung zeigt regionale Möglichkeiten und Maßnahmen auf, wie negative Auswirkungen des Klimawandels auf Menschen und Umwelt zu begrenzen sind.

Die Folgen des Klimawandels in unserer Region

Alle projizierten Klimaänderungen haben Konsequenzen für die unterschiedlichen Lebens-, Natur- und Wirtschaftsbereiche in Nordrhein-Westfalen. Wie diese im Einzelnen aussehen könnten, wollen wir nun etwas genauer betrachten.

› Landwirtschaft und Boden
› Biologische Vielfalt und Artenschutz
› Wasserwirtschaft
› Tourismus und Gesundheit

A	4.1 4.5	F	4.4 4.6
---	------------	---	------------



Abbildung 67



Abbildung 68

Ein wichtiger Wirtschaftsbereich in Nordrhein-Westfalen ist die Landwirtschaft. Mehr als 150 000 Menschen sind hier beschäftigt. Rund die Hälfte der Landesfläche wird landwirtschaftlich genutzt, der überwiegende Anteil als Ackerland. Wie kaum ein anderer Bereich hängt die Landwirtschaft direkt von Witterungsverläufen ab. Die regionalen Auswirkungen des Klimawandels haben also einen großen Einfluss auf Anbaumethoden und Ernteergebnisse. Temperatur, Niederschlag und Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Atmosphäre bestimmen direkt das Wachstum der Pflanzen. Extremwetterereignisse wie Hagel, Sturm oder Dürre können erhebliche Ernteeinbußen nach sich ziehen.

Leichte Ertragszuwächse in der Landwirtschaft

Die steigenden Temperaturen führen beispielsweise zu einer längeren Vegetationsperiode. Wärme liebende Pflanzen wie Mais profitieren davon – wenn gleichzeitig genügend Wasser zur Verfügung steht. Ein höherer Kohlenstoffdioxidgehalt in der

Atmosphäre führt ebenfalls eher zu Ertragssteigerungen, da die Pflanzen verstärkt Fotosynthese betreiben. Diesen Effekt bezeichnet man als Kohlenstoffdioxiddüngewirkung. Insgesamt gehen die Forscher daher für Nordrhein-Westfalen davon aus, dass die Landwirtschaft im Zuge des Klimawandels höhere Erträge erzielen kann. Denn in den meisten Regionen wird auch künftig ausreichend Wasser vorhanden sein.

Biologische Vielfalt und Artenschutz

Über 43 000 verschiedene Pflanzen- und Tierarten sind in Nordrhein-Westfalen zu Hause. Diese große Artenvielfalt ist bedingt durch die sehr unterschiedlichen Naturräume des Bundeslands: das atlantisch geprägte Tiefland mit seinen Mooren, Heiden und Feuchtwiesen sowie das teilweise kontinentale Bergland. Hier überwiegen Bergwiesen, Quellbäche und naturnahe Wälder. Der Klimawandel hat bereits heute einen starken Einfluss auf die Zusammensetzung der tierischen und pflanzlichen Lebensgemeinschaften und auf die Verbreitungsgebiete der Arten.

Klimawandel für viele Zugvögel problematisch

Ein besonders deutliches Beispiel dafür ist das veränderte Brutverhalten der Vögel. Vogelarten, die im selben Gebiet brüten und überwintern (die sogenannten Standvögel), zählen zu den Klimagewinnern. Durch das Ausbleiben strenger Winter sterben deutlich weniger Tiere in der kalten Jahreszeit.

Viele Langstreckenzugvögel hingegen, die meist im südlichen Afrika überwintern, gehören zu den Klimaverlierern. Denn die steigenden Temperaturen führen dazu, dass sich bestimmte Insekten immer früher entwickeln. Sie sind aber die Hauptnahrungsquelle für die Jungvögel. Die frisch geschlüpften Vögel können sie nun nicht mehr fressen – viele Tiere verhungern. So ist der Bestand des Trauerschnäppers in Nordrhein-Westfalen von 2003 bis 2008 schon um mehr als 25 Prozent zurückgegangen.

Für den Kuckuck wirkt sich der Klimawandel wahrscheinlich ebenfalls negativ aus. Er ist für seinen sogenannten Brutparasitismus bekannt: Das Kuckucksweibchen legt seine Eier in die Nester anderer Vögel, die dann den Nachwuchs für sie aufziehen. Einige der Wirtsvögel, wie zum Beispiel das Rotkehlchen und der Hausrotschwanz, brüten nun bedingt durch den Klimawandel immer früher. Der Kuckuck als Langstreckenzugvogel behält aber seine Zugzeiten bei. Er orientiert sich vor allem an der Tageslänge. Daher wird es für ihn zunehmend schwerer, noch Nester zu finden, in denen das Brutgeschäft gerade erst begonnen hat. Auf diese ist er jedoch angewiesen. Denn der junge Kuckuck muss möglichst als Erster schlüpfen, damit er die anderen Eier oder Jungvögel seiner Zieheltern aus dem Nest werfen kann.



Abbildung 69

Kuckuck

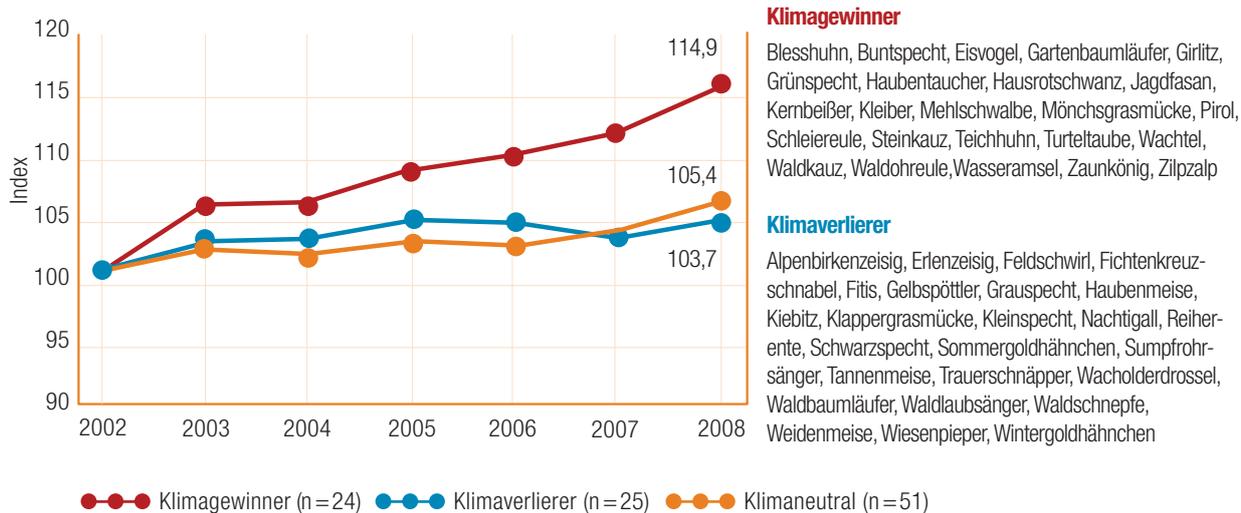


Abbildung 70

Der Kuckuck ist ein Brutschmarotzer

Von den 100 häufigsten Brutvogelarten in Nordrhein-Westfalen stufen die Wissenschaftler derzeit 49 als klimasensitiv ein. Das heißt, die Klimaänderungen wirken sich bereits auf das Vorkommen dieser Arten aus. Von den 49 Vogelarten gelten 24 als Klimagewinner und 25 als Klimaverlierer. Die anderen 51 Arten werden als klimaneutral eingestuft. Sie sind von den Auswirkungen des Klimawandels in ihrem Bestand aktuell nicht betroffen.

Klimagewinner und Klimaverlierer



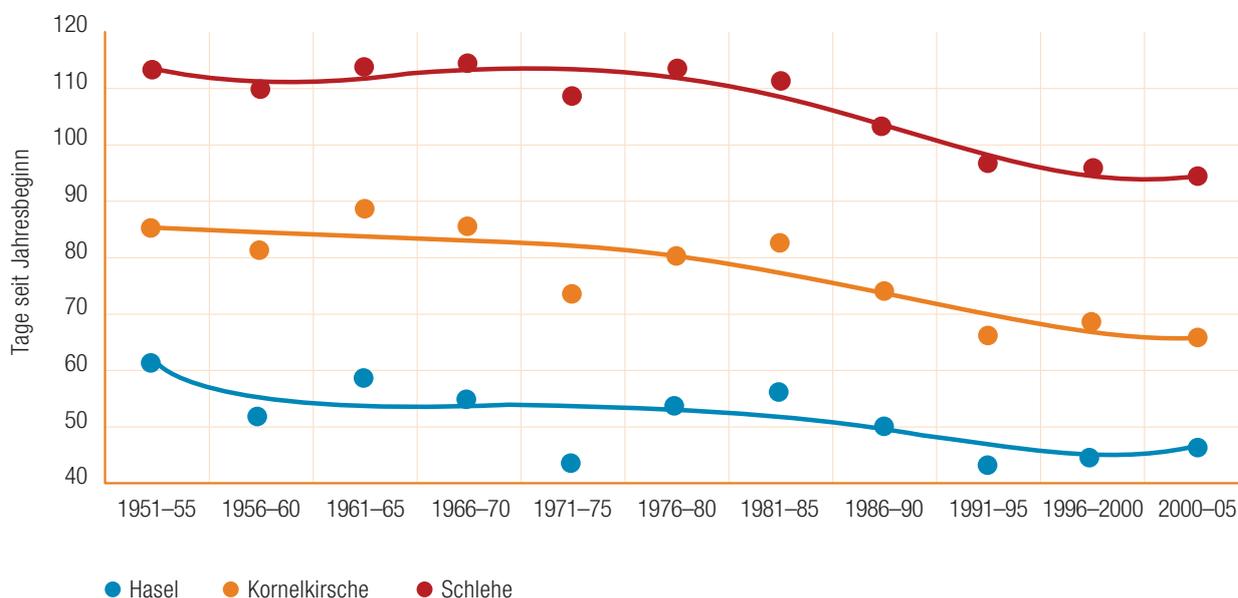
Grafik 45

Pflanzen blühen früher

Auch in der Pflanzenwelt Nordrhein-Westfalens zeigen sich die Auswirkungen des Klimawandels. Der Temperaturanstieg – insbesondere im Winterhalbjahr – hat in den vergangenen Jahrzehnten

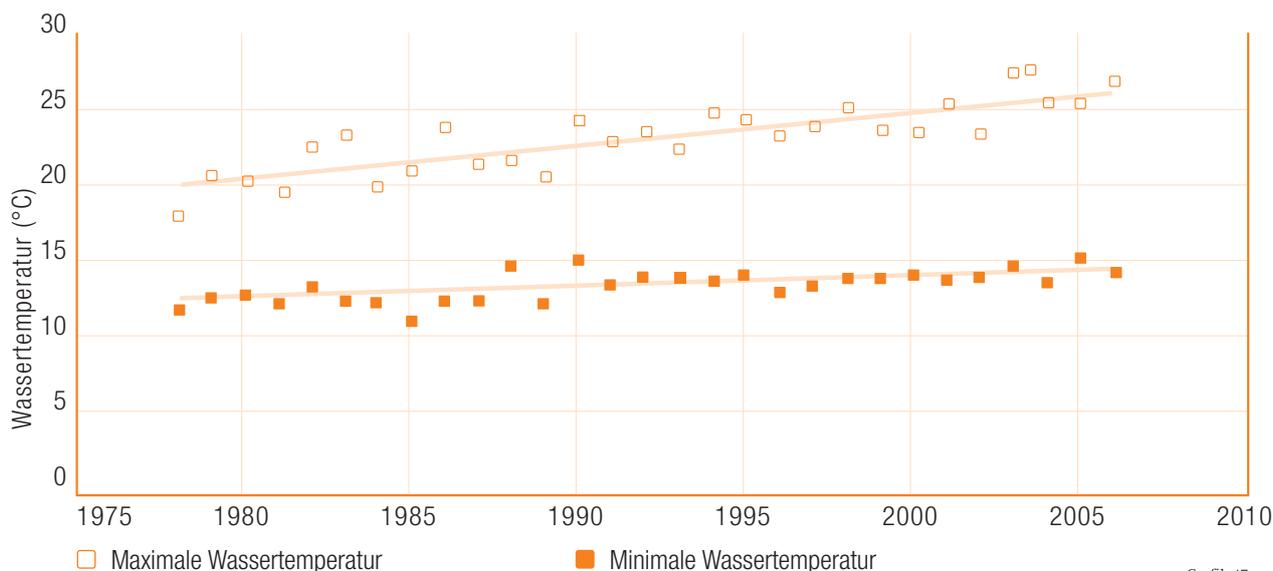
dazu geführt, dass Wachstumsbeginn und Blütezeitpunkt immer früher stattfinden. Die Kornelkirsche beispielsweise blüht bei uns im Vergleich zu den 1950er-Jahren jetzt bereits 20 Tage früher.

Blütezeitpunkt von Sträuchern in Nordrhein-Westfalen



Grafik 46

Entwicklung der mittleren und maximalen Wassertemperatur des Rheins an der Station Kleve-Bimmen



Grafik 47

Die Wassertemperaturen steigen

Die Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen reagieren ebenfalls auf den Klimawandel. Seit 1977 ist zum Beispiel die mittlere Wassertemperatur des Rheins um 1,2 Grad Celsius gestiegen. Zudem hat die maximale Wassertemperatur zugenommen: In den vergangenen zehn Jahren lag sie jeweils über 25 Grad Celsius. Gleichzeitig sind die Abwärmeeinleitungen in den Rhein zurückgegangen. Daher kann dieser Temperaturanstieg mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Klimawandel zurückgeführt werden.

Wärme liebende Arten als Klimagewinner

Wie empfindlich Tiere und Pflanzen auf die Folgen des Klimawandels reagieren, hängt von ihrer ökologischen Toleranz ab. Was versteht man darunter? Arten, die sich auf relativ abgeschlossene Lebensräume wie zum Beispiel Moore spezialisiert haben, sind bei einer Austrocknung in der Regel nicht in der Lage, auf Ersatzlebensräume auszuweichen. Sie haben einen engen ökologischen Toleranzbereich. Auch wer wenig mobil ist, kann sich veränderten Bedingungen nur schwer anpassen,

da neue geeignete Lebensräume nicht zu erreichen sind. Generell wird für Nordrhein-Westfalen erwartet, dass Kälte und Feuchtigkeit liebende Arten zurückgehen, Wärme liebende Arten hingegen zunehmen.

Tiere und Pflanzen aus fernen Gebieten werden heimisch

Die höheren Temperaturen führen zudem dazu, dass sich immer mehr Arten von anderen Kontinenten bei uns ansiedeln. Sie werden in der Fachsprache »Neobiota« genannt. Das kommt aus dem Griechischen – von »neos« (»neu«) und »bios« (»Leben«). Als Neobiota bezeichnet man biologische Arten, die gebietsfremd sind. Sie konnten ihren neuen Lebensraum nur infolge direkter oder indirekter menschlicher Mitwirkung besiedeln. Bei Tieren spricht man in diesen Fällen von Neozoen, bei Pflanzen von Neophyten. Ein Beispiel aus dem Tierreich ist die Feuerlibelle. Sie lebt ursprünglich in den warmen Regionen Südeuropas, Afrikas und Westasiens. Heute findet sich die Wärme liebende Art fast in ganz Deutschland und auch bei uns in der Emscher-Lippe-Region.



Feuerlibelle

Abbildung 71



Chinesische Wollhandkrabbe

Abbildung 72

Manche Arten verbreiten sich sogar so schnell, dass sie das ökologische Gleichgewicht verändern. Diese sogenannten invasiven Neobiota stellen eine Gefahr für bestehende Lebensgemeinschaften dar: Denn sie können einheimische Arten verdrängen oder andere Probleme bereiten. Zu den invasiven Arten zählt die Chinesische Wollhandkrabbe, die sich zunehmend auch in der Lippe ausbreitet. Als Allesfresser frisst sie kleine Fische, deren Laich, Muscheln, Insekten und Pflanzen. Damit ist die Wollhandkrabbe für die heimischen Gewässerbewohner ein Nahrungskonkurrent, der zudem kaum natürliche Feinde hat. Darüber hinaus verursachen ihre gegrabenen Gänge Schäden an Uferbauten und Dämmen.

Bei den Pflanzen ist beispielsweise das Beifußblättrige Traubenkraut (auch Ambrosia oder Beifuß-Ambrosie) so eine invasive Art. Es stammt aus Nordamerika und breitet sich seit Beginn der 1990er-Jahre zunehmend in Deutschland aus. In Nordrhein-Westfalen haben sich erstmals 2008 größere Bestände ausgebildet. Die Pollen des Traubenkrauts gehören zu den stärksten Allergieauslösern. Sie reizen Augen und Atemwege und können bei empfindlich reagierenden Personen zu Asthma führen. Die Pflanze wächst gern an Bahndämmen, auf Baustellen oder Schutthalden. Besonders häu-

fig ist sie aber an Orten zu finden, an denen Vogelfutter ausgestreut wird, da sehr viele Vogelfutterprodukte Samen des Traubenkrauts enthalten. Somit hat der Mensch maßgeblich die weitere Verbreitung dieser Pflanze unterstützt. Heute ruft das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen die Bürger dazu auf, größere Ambrosia-Fundorte (mehr als zehn Pflanzen) zu melden, damit eine endgültige Einbürgerung noch verhindert werden kann. Gefundene Beifuß-Ambrosia sollte man nach Möglichkeit vor der Blüte und Samenreife ausreißen.



Beifußblättriges Traubenkraut

Abbildung 73

Neben den klimatischen Veränderungen hängt die biologische Vielfalt auch von der Art der Landnutzung und von der Bodenbeschaffenheit ab. Wissenschaftler haben für über 800 in Deutschland vorkommende Pflanzenarten untersucht, wie sich ihre Verbreitung in Zukunft verändern könnte. Je nach Modellszenario ist in Nordrhein-Westfalen mit einem möglichen Artenverlust von 13 bis 35 Prozent, einem Artenzugewinn von 17 bis 24 Prozent und einem Artenwandel von 25 bis 47 Prozent im Vergleich der Zeiträume 2051 bis 2080 und 1961 bis 1990 zu rechnen.

Wasserwirtschaft

In Nordrhein-Westfalen gibt es zahlreiche Bäche, Flüsse und Seen. Allein die Fließgewässer erstrecken sich in unserem Bundesland über insgesamt rund 50 000 Kilometer. Hinzu kommen über 2 000 stehende Gewässer. Sie sind fast alle künstlich entstanden, zum Beispiel durch Kohleabbau oder Stauanlagen. Mit 911 Millimetern pro Jahr fällt im langjährigen Mittel ausreichend Niederschlag, daher ist auch viel Grundwasser vorhanden. Wassermangelsituationen waren bisher die absolute Ausnahme.

Welche Auswirkungen hat nun der Klimawandel auf den Wasserhaushalt? Diese Frage ist für Nordrhein-Westfalen sehr schwer zu beantworten, da unsere Gewässer besonders in den Ballungsräumen und Industrieregionen bereits stark durch den Menschen beeinträchtigt sind.

Höhere Wasserstände im Winterhalbjahr

Die regionalen Klimaprojektionen zeigen, dass wir im Winterhalbjahr mit steigenden Niederschlägen rechnen müssen. Entsprechend werden unsere Flüsse und Seen in dieser Zeit tendenziell mehr Wasser führen als bisher. Im Sommerhalbjahr dagegen sind niedrigere Wasserstände zu erwarten. Durch die Verschiebung der Niederschlagsmengen in das Winterhalbjahr steigt dann die Wahrscheinlichkeit von kleinen bis mittleren Hochwassern.

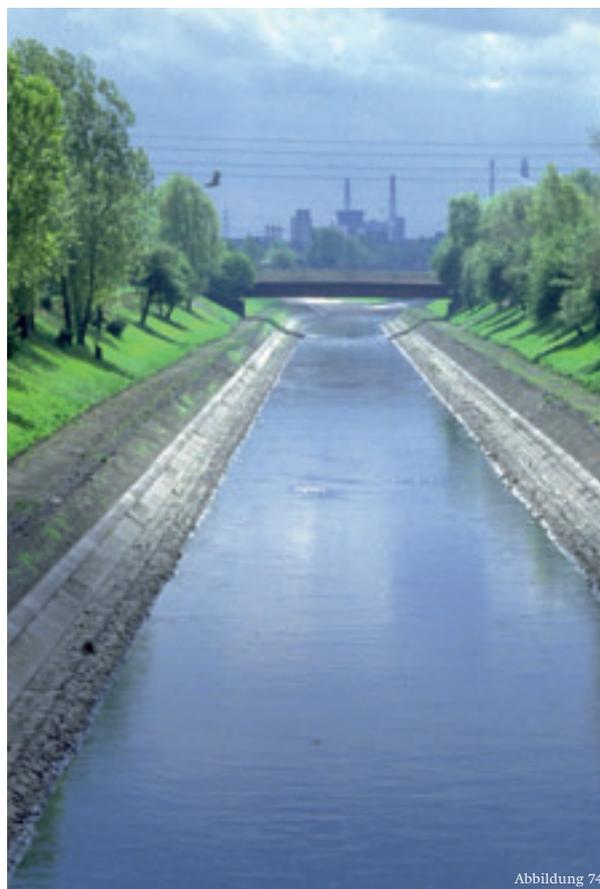


Abbildung 74

Das Umland wird durch die Emscher-Deiche geschützt

Was versteht man genau unter Hochwasser? Man unterscheidet hier zwischen Meeren und Fließgewässern: In vielen Meeren wechseln sich Niedrig- und Hochwasser täglich zweimal ab. Man nennt das auch Ebbe und Flut beziehungsweise die Gezeiten. Ist der höchste Wasserstand nach Eintreten der Flut erreicht, haben wir Hochwasser. Dann setzt die Ebbe ein und der Wasserpegel sinkt wieder, bis er seinen niedrigsten Stand bei Niedrigwasser erreicht hat. Wattwanderungen in der Nordsee finden beispielsweise bei Niedrigwasser statt.

Hochwasser in Fließgewässern haben wir in der Regel, wenn der Wasserstand deutlich über dem normalen Pegelstand liegt und der Fluss oder der Bach über die Ufer beziehungsweise über die regionalen Deiche hinaus aus seinem Gewässerbett tritt.

Es gibt also regelmäßig wiederkehrende Hochwasser wie bei den Gezeiten und unregelmäßige Ereignisse wie Sturmfluten oder gar Jahrhunderthochwasser wie zum Beispiel das Elbehochwasser 2002. Ein 100-jährliches Hochwasser hat im langjährigen Mittel eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren. Das heißt, es ist durchschnittlich alle 100 Jahre zu erwarten. Veränderungen bei diesen großen Einzelereignissen sind mit den derzeitigen Klimamodellen bisher nicht nachzuweisen.



Elbehochwasser 2002

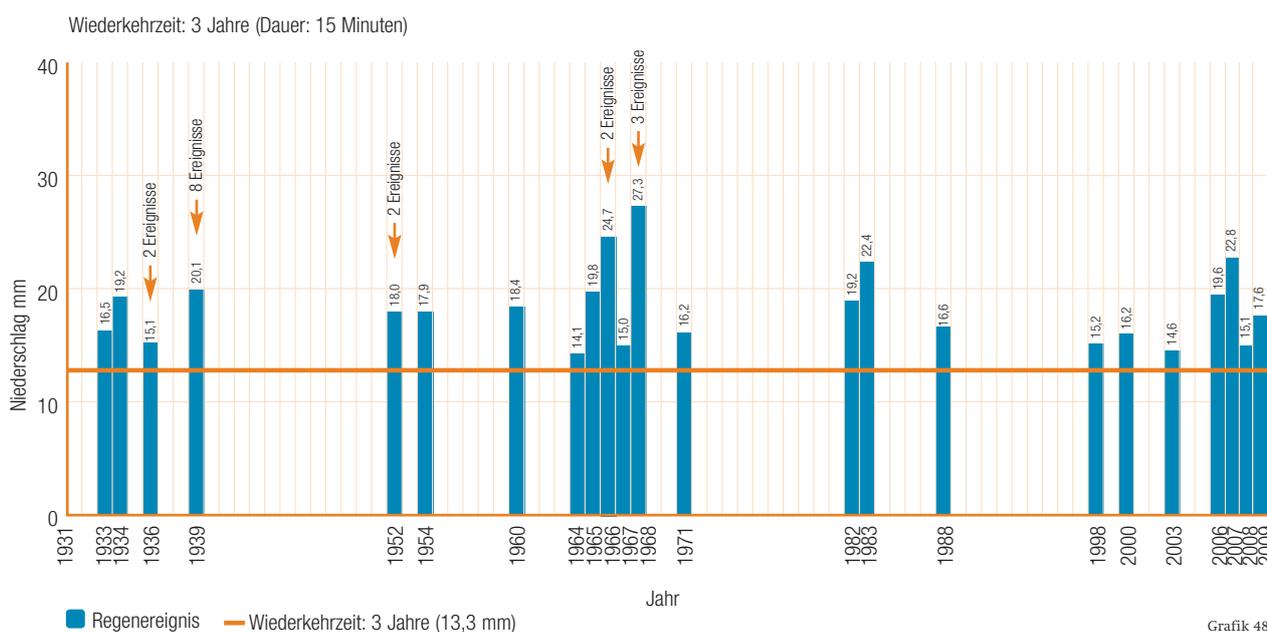
Abbildung 75

Hochwasserschutz berücksichtigt Starkregenereignisse

Unter dem Einfluss des Klimawandels kommt es jedoch zu einer Verschiebung der Niederschlagsmengen in das Winterhalbjahr. Eine steigende Hochwassergefahr geht dabei besonders von sehr starken, kurzen Regenfällen aus. Betrachtet man die Entwicklung des Niederschlagsverhaltens seit 1931,

lässt sich noch keine Verschärfung von Starkregen kurzer Dauer feststellen. Vermutlich wird die Wahrscheinlichkeit solcher Extremereignisse in Zukunft aber steigen. Die Hochwasserschutzplannungen in Nordrhein-Westfalen berücksichtigen Extremereignisse wie diese, um so entsprechende Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen und vorzubereiten.

Starkregenereignisse in der Emscher-Lippe-Region



Grafik 48

Auswirkungen auf die Abwasserableitung

Bei sehr starken Niederschlägen ist es möglich, dass das Abwasserkanalnetz einer Stadt die Wassermengen nicht vollständig abführen kann. Das Unwetter im Juli 2008 in Dortmund war sogar ein Katastrophenereignis: Der sintflutartige Regen mit bis zu 200 Millimetern innerhalb weniger Stunden führte zu Überschwemmungen im Stadtgebiet. So ein Starkregen ist nach Einschätzung der Wissenschaftler nur alle 1000 Jahre einmal zu erwarten und damit ein echtes Katastrophenereignis.

Im Gegensatz zum Winterhalbjahr sollen die Sommer als Folge des Klimawandels deutlich trockener werden. Entsprechend würde in diesen Monaten weniger Wasser durch die Kanäle fließen. Bei sehr niedrigen Abwasserständen können sich dann Ablagerungen im Kanal bilden. Dies passiert schon heute. Das Problem könnte sich aber in der Zukunft verschärfen.



Hochwasser an der Emscher

Abbildung 76



Sauerstoffmangel stresst Gewässer und Fische

Abbildung 77

Stress durch Sauerstoffarmut in den Gewässern

Erhöhte Gewässertemperaturen haben zur Folge, dass Wärme liebende Arten in den Flüssen und Seen zunehmen. Die Kälte liebenden Arten müssen sich in die kühleren Oberläufe der Gewässer zurückziehen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn sie dort die entsprechenden Lebensbedingungen vorfinden.

Gerade in bereits nährstoffbelasteten Gewässern steigt allerdings beim vermehrten Auftreten heißer Sommertage die Gefahr von Sauerstoffarmut. Eine Nährstoffbelastung entsteht beispielsweise durch landwirtschaftliche Düngung (vor allem Phosphate, Ammoniumsalze, Nitrate) oder durch die Einleitung ungeklärter Abwässer. Besonders langsam fließende Bäche mit geringer Beschattung und Gewässer mit Wärmeeinleitungen sind hier betroffen. Je wärmer das Wasser wird, desto weniger Sauerstoff kann es aufnehmen. Der hohe Nährstoffgehalt führt aber zu übermäßigem Pflanzen- und Algenwachstum. Entsprechend sterben mehr Pflanzen ab und müssen zersetzt werden – diese Zersetzungsprozesse verbrauchen viel Sauerstoff (Sauerstoffzehrung). Unterschreitet der Sauerstoffgehalt des Wassers einen bestimmten Wert, kommt es zum Fischsterben.



Kraftwerk an der Lippe

Abbildung 78

Kraftwerke bei Hitze abschalten

Steigende Wassertemperaturen wirken sich nicht nur auf die Tiere und Pflanzen aus, die in den Fließgewässern leben. Auch Kohle- oder Gaskraftwerke benötigen für die Stromproduktion erhebliche Mengen an Wasser für Kühlprozesse. Man findet diese Kraftwerke daher oft direkt an einem Fluss, aus dem dann das benötigte Wasser für die Kühlung entnommen wird. Je wärmer das Flusswasser ist, desto weniger Kühlleistung bringt es aber für die Kraftwerke. Zudem ist die Einleitung von Abwärme in die Flüsse gesetzlich eingeschränkt, sobald die maximal zulässigen Wassertemperaturen erreicht sind.

Abnehmende Niederschläge im Sommerhalbjahr führen darüber hinaus dazu, dass die Flüsse und Bäche in diesen Monaten weniger Wasser führen. Bei Niedrigwasser steht dann nicht mehr genügend Wasser für die Versorgung der Kühlprozesse der Kraftwerke zur Verfügung. Im Zuge des Klimawandels erhöht sich also die Wahrscheinlichkeit, dass die Kraftwerksleistung zeitweise zurückgefah-

ren werden muss. Das war bereits im Hitzesommer 2003 in Nordrhein-Westfalen der Fall. Im Extremfall (sehr niedriger Wasserpegel und sehr hohe Wassertemperatur) ist sogar das vollständige Abschalten von Kraftwerken in Hitzeperioden nötig.

Tourismus

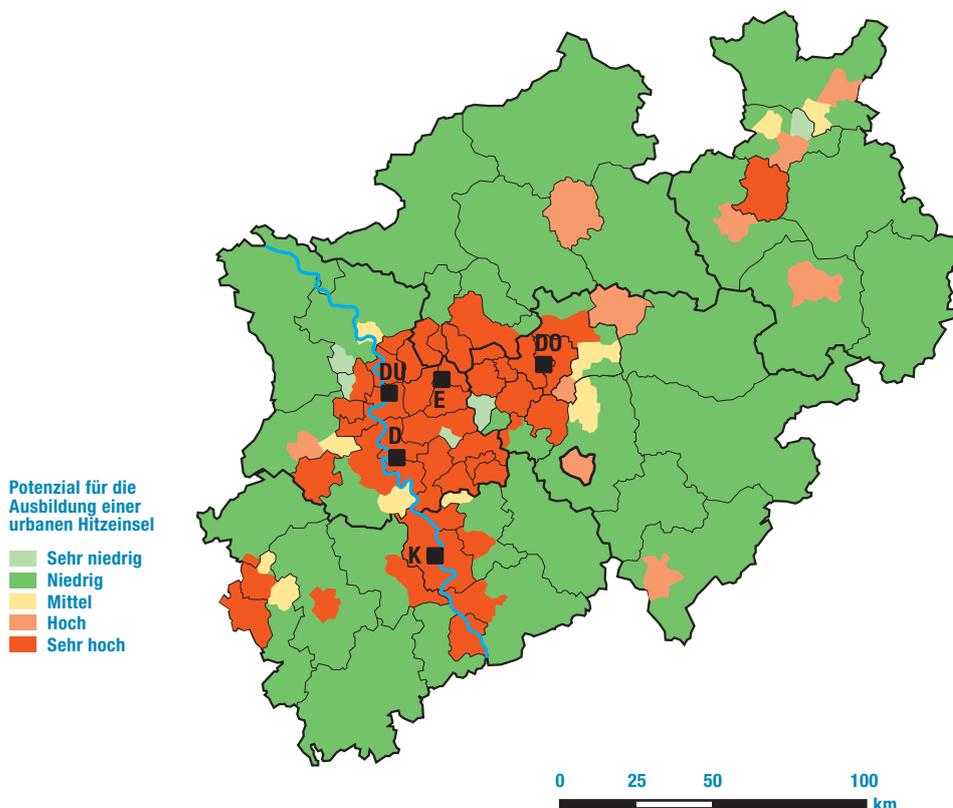
Der Tourismus hat für Nordrhein-Westfalen eine große wirtschaftliche Bedeutung. 2008 war mit rund 17,7 Millionen Gästen ein Rekordjahr. Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen besonders den naturnahen Erholungs- und Freizeittourismus: Klima und Wetter sind ausschlaggebend für die Entscheidung, wohin wir zum Wandern oder Skilaufen fahren. Beim Sommertourismus gehen die Prognosen insgesamt von einer Verbesserung der Bedingungen aus. Im Vergleich der Zeiträume 2036 bis 2065 und 1961 bis 1990 ist mit einer Zunahme der Tage im sogenannten Komforttemperaturbereich (zwischen 18 und 20 Grad Celsius) zu rechnen. Zudem sind mehr sonnige Herbsttage zu erwarten.

Beim Wintertourismus steht die Schneesicherheit und -höhe im Vordergrund. Im Sauerland, der bedeutendsten Wintersportregion in Nordrhein-Westfalen, müssen bereits heute rund 200 Beschneidungsmaschinen für eine ausreichend lange Saison sorgen. Die Klimamodelle gehen von einer deutlichen Abnahme der Schneemenge um 40 bis 60 Prozent im Zeitraum 2036 bis 2065 verglichen mit 1961 bis 1990 aus. Die Wintersportregionen sollten also ihre Urlaubsangebote in anderen Bereichen stärken, um Einnahmeverluste auszugleichen.

Gesundheit

Der Klimawandel wird voraussichtlich zu einem deutlichen Anstieg von Hitzewellen führen. Dies gilt sowohl für ihre Anzahl als auch für ihre Dauer. Von einer Hitzewelle spricht man bei einer Folge von mindestens drei Hitzetagen. Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten, die im Tal liegen, kann sich die Hitzebelastung noch durch sogenannte städtische Hitzeinseln verstärken. Denn Gebiete mit einer hohen Bebauungs- und Bevölkerungsdichte sind durchschnittlich wärmer als das unbebaute Umland. Diese Erfahrung hat sicherlich jeder schon einmal in den Sommerferien gemacht, wenn man aus der Stadt aufs Land fährt.

Potenzial für die Ausbildung einer urbanen Hitzeinsel



Grafik 49

Die starke Hitzebelastung kann gesundheitliche Probleme mit sich bringen. Die Folgen reichen von Müdigkeit und Kopfschmerzen bis hin zu Hitzschlag und Herzversagen. Gerade ältere Menschen sind hier besonders gefährdet.



Zecke

Abbildung 79

Neben diesen direkten Konsequenzen des Klimawandels für die Gesundheit sind auch indirekte Auswirkungen wahrscheinlich: In Nordrhein-Westfalen werden beispielsweise die Zecken aufgrund der erwarteten Erwärmung länger aktiv sein. Voraussichtlich gibt es auch mehr Zecken, da sich die Entwicklungs- und Vermehrungsphase der Tiere ebenfalls verlängert. Damit steigt das Risiko, sich mit einer von Zecken übertragenen Krankheit anzustecken. Bisher gehörte Nordrhein-Westfalen nicht zu den FSME-Risikogebieten. Das könnte sich in Zukunft ändern. FSME steht für Frühsommer-Meningoenzephalitis, eine durch das FSME-Virus der Zecke übertragene Entzündung des Gehirns und der Hirnhäute. Die zweite über Zecken verbreitete Krankheit ist die Borreliose. Mit Bakterien (den Borrelien) infizierte Zecken gibt es bereits heute in unserem Bundesland.

Das Wichtigste in Kürze

- In der Landwirtschaft ist als Folge des Klimawandels mit einer leichten Erhöhung der Erträge zu rechnen.
- Vogelarten, die im selben Gebiet brüten und überwintern, zählen zu den Klimagewinnern, Langstreckenzugvögel hingegen zu den Klimaverlierern.
- Die Blüte vieler Pflanzen beginnt bereits deutlich früher als in den 1950er-Jahren.
- Auch die Wassertemperatur des Rheins ist schon gestiegen.
- Bei den Pflanzen und Tieren wird erwartet, dass Kälte- und Feuchtigkeit liebende Arten zurückgehen, Wärme liebende Arten dagegen zunehmen. Zudem siedeln sich immer mehr Arten von anderen Kontinenten bei uns an. Einige dieser Arten verbreiten sich so schnell, dass die Gefahr besteht, dass sie heimische Arten verdrängen.
- Die Flüsse und Seen führen voraussichtlich in Zukunft mehr Wasser im Winterhalbjahr und weniger Wasser im Sommerhalbjahr als bisher.
- Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit von kleinen bis mittleren Hochwassern.
- Steigende Wassertemperaturen und niedrige Wasserpegel können dazu führen, dass die Kühlung von Kraftwerken in Hitzeperioden nicht gewährleistet ist.

Flussmanagement pur – Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in der Emscher-Lippe-Region

Die Landesregierung, Städte und Gemeinden, Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen in Nordrhein-Westfalen tragen durch zahlreiche Projekte bereits dazu bei, mögliche negative regionale Folgen des Klimawandels zu begrenzen. Einige dieser Anpassungsmaßnahmen wollen wir hier kurz vorstellen.

- > Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung
- > Hochwasserschutz im Rahmen des Emscher-Umbaus und des Lippeauenprogramms
- > Aktuelle Forschung



Niemand kann zurzeit genau abschätzen, wie schnell und in welchem Ausmaß die prognostizierten Klimaänderungen eintreten. Daher sind besonders solche Initiativen sinnvoll, die sich in jedem Fall positiv auf die Umwelt auswirken. Auch die Emschergenossenschaft und der Lippeverband führen diese sogenannten No-Regret-Maßnahmen durch. Darunter versteht man Projekte, deren Umsetzung man »nicht bedauert« (englisch: »no regret«). Denn sie lassen sich flexibel anpassen, wirken langfristig und können zu vertretbaren Kosten realisiert werden.

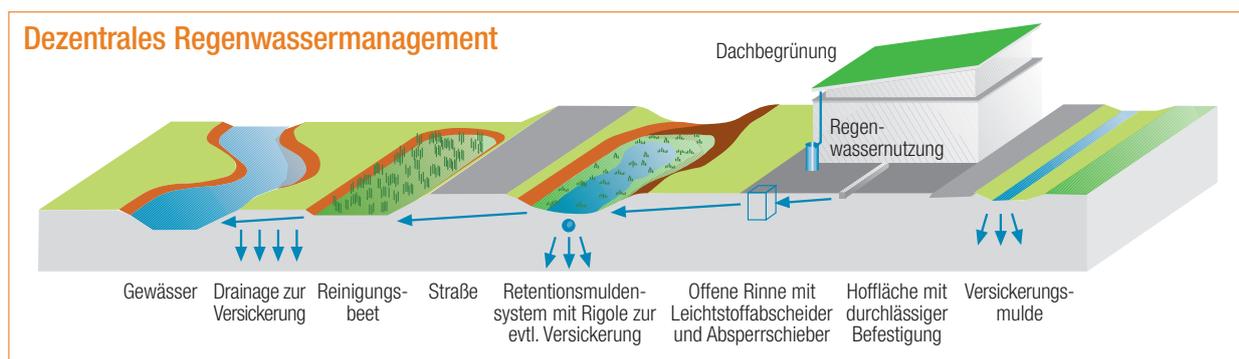
Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung

Ein Beispiel für eine No-Regret-Maßnahme ist die Zukunftsvereinbarung Regenwasser. Sie wurde im Oktober 2005 von allen Städten des Emschergebiets, dem Umweltministerium und der Emschergenossenschaft verabschiedet. Das Ziel dieser Vereinbarung lautet, die Einleitung von Regenwasser in die Kanalisation im Rahmen des Emscher-Umbaus um 15 Prozent zu senken. Was verspricht man sich davon?

Insbesondere in städtischen Gebieten nimmt die Flächenversiegelung durch Gebäude, Parkplätze

oder Verkehrswege immer noch zu. Niederschläge können nicht weiter direkt in den Boden sickern, sondern fließen über die Kanalisation ab. Dieser abgeleitete Regen fehlt der Natur für die Grundwasserneubildung oder für Fließgewässer und Seen. Bäche fallen dann zum Beispiel im Sommer trocken. Je mehr Regenwasser also an Ort und Stelle in den Boden gelangt, desto mehr wird der natürliche Wasserhaushalt gestärkt: Das Regenwasser versickert und bildet Grundwasser. Es speist über den Grundwasserzufluss die Bäche und Flüsse und sichert damit auch unsere Wasserversorgung. Das ist ein wichtiger Punkt, wenn wir an die Folgen des Klimawandels denken: voraussichtlich steigende Temperaturen bei gleichzeitig trockeneren Sommern.

Übers Jahr betrachtet wird allerdings eine Zunahme der Niederschläge erwartet. Sehr große Niederschlagsmengen, sogenannte Sturzfluten, können gerade in städtischen Gebieten mit hoher Flächenversiegelung zu Überschwemmungen führen. Eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, die möglichst viel Regenwasser von der Kanalisation fernhält, dient also auch dem Hochwasserschutz.



Grafik 50



Abbildung 80



Abbildung 81

Durch Flächenversiegelung gelangt Regenwasser in die Kanalisation

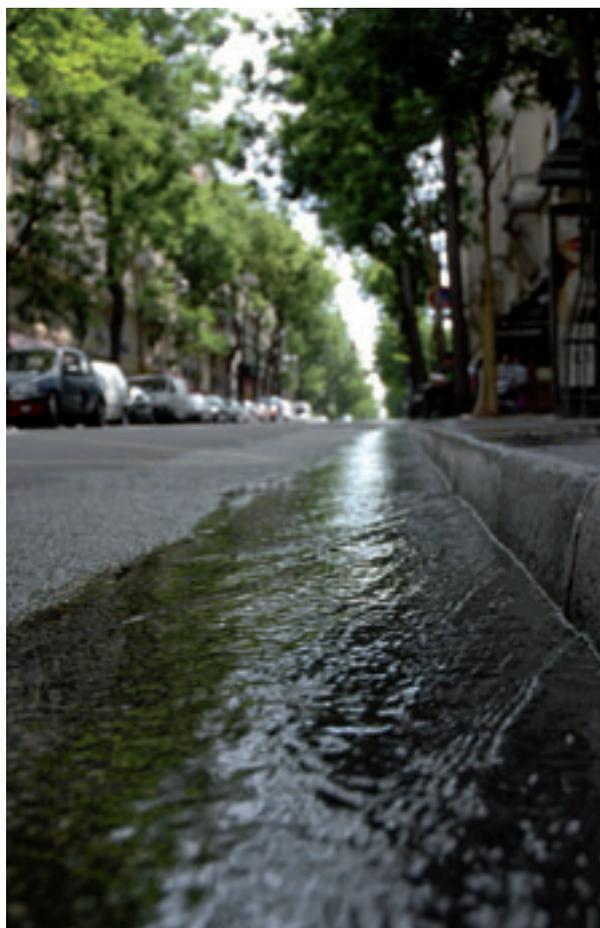


Abbildung 82

Zudem verursacht die Ableitung von Regenwasser in die Kanalisation hohe Kosten. Denn die Abwasserkanäle müssen von ihrer Größe auf die enormen zusätzlichen Wassermengen bei starken Regenfällen ausgelegt sein. Aber Regenwasser ist in der Regel sauberes Wasser und gehört somit nicht in die Kanalisation. Es vermischt sich dort mit dem Schmutzwasser und muss dann in den Kläranlagen erst aufwendig gereinigt werden, bevor es als sauberes Wasser wieder in den natürlichen Wasserkreislauf gelangt.

Regen auf richtigen Wegen

Wie lässt sich der Regenwasserabfluss in die Kanalisation vermeiden? Hier gibt es viele Möglichkeiten. Beispielsweise kann man Parkplätze und Wege so durchlässig befestigen, dass das Wasser weiterhin versickert. Auch mit Pflanzen begrünte flache Dächer nehmen mehr Regen auf und sehen zudem schön aus. In Mulden oder Rigolen kann Regenwasser gezielt versickert werden. Wasser, das in Regentonnen oder Zisternen gesammelt wird, lässt sich überall dort einsetzen, wo nicht unbedingt teures Trinkwasser nötig ist: zur Toilettenspülung, zum Putzen oder zum Gießen im Garten. Große Industriebetriebe nutzen das Regenwasser daher zu Kühl- und Reinigungszwecken. Diese Abkoppelung lohnt sich auch finanziell: Wer das Regenwasser nicht in die städtische Kanalisation leitet, muss



Abbildung 83



Abbildung 87



Abbildung 84



Abbildung 88



Abbildung 85



Abbildung 86



Abbildung 89



Abbildung 90

Hiberniaschule, Herne

Gesamtschule Globus, Duisburg

meist auch keine Regenwassergebühr mehr bezahlen. Viele Projekte wurden bereits umgesetzt – unter anderem an einigen Schulen. An der Hiberniaschule in Herne beispielsweise haben Schülerinnen und Schüler, Eltern sowie Lehrerinnen und Lehrer gemeinsam mit Fachleuten ein Konzept zur Regenwasserbewirtschaftung entwickelt. Gleich im Eingangsbereich der Schule gibt es ein großes Wasserbecken als Blickfang. Von den Schülerinnen und Schülern entworfene Formsteine leiten das Wasser aus den Regenrinnen der Gebäude dort hinein. Die jüngeren Schülerinnen und Schüler können auf einem Regenwasserspielplatz toben. Angelegte Versickerungsflächen mit Steinen und Kies verschönern das Grün auf dem Gelände.

Die Gesamtschule Globus in Duisburg hat ihr zu rund 90 Prozent befestigtes Grundstück konsequent von der Kanalisation abgekoppelt. Auch hier wurden verschiedene Maßnahmen wie Dachbegrünung, Versickerung und Regenwassernutzung verwirklicht. Wasserrinnen gliedern den Schulhof in verschiedene Spielbereiche. Ein Teich ist der Mittelpunkt des neuen Schulhofs.

Weitere Projekte sind auf der Internetseite www.emscher-regen.de zu finden.

Emschergenossenschaft und Lippeverband beraten Sie unter Telefon 0201 104-3150 bei der Umsetzung von Schülerideen für eine Regenwasserversickerung auf dem Schulgelände.

Hochwasserschutz im Rahmen des Emscher-Umbaus und des Lippeauenprogramms

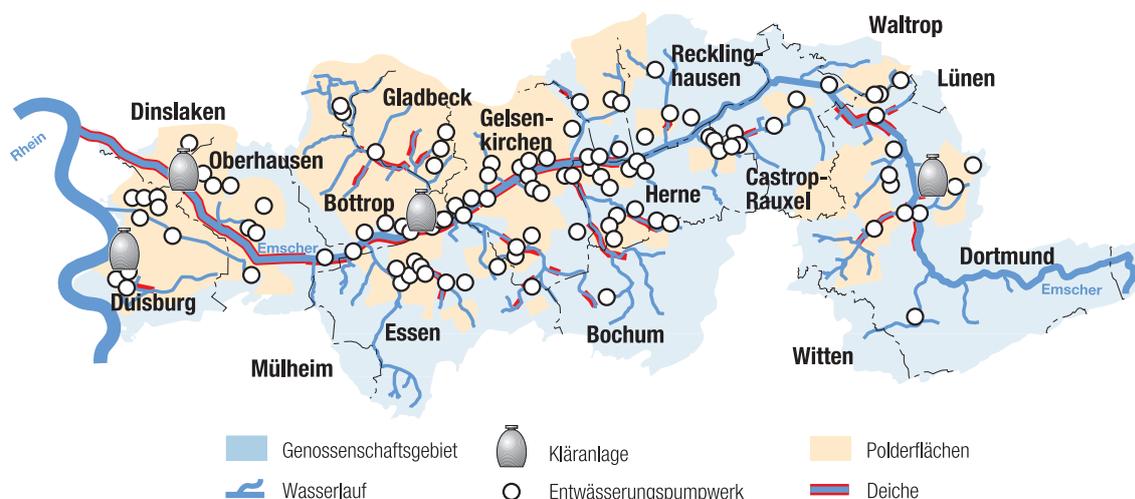
Der Klimawandel wird in unserer Region wahrscheinlich zu mehr Niederschlägen im Winter, aber auch zu häufigeren, örtlich sehr begrenzten Extremniederschlägen führen. Damit steigt die Gefahr von Überschwemmungen. Der Hochwasserschutz muss dies berücksichtigen. Viele Anpassungsmaßnahmen sind hier bereits in der Umsetzung.

Doch bevor wir auf die aktuellen Projekte eingehen, zuerst noch ein kurzer Blick zurück: Hochwasserschutz war im Gebiet von Emscher und Lippe schon immer ein wichtiges Thema, denn beide Flüsse haben von Natur aus ein sehr geringes Gefälle und somit eine langsame Fließgeschwindigkeit. Bereits in der Vergangenheit kam es daher bei starken Niederschlägen schnell zu Überflutungen. Mit dem Beginn des Bergbaus wurden die Flüsse dann begradigt, die Emscher und ihre Nebengewässer sogar in ein künstliches Flussbett

aus Beton gezwängt. Es entstand eine Industrieregion, in der die Flüsse auch als offene Schmutzwasserläufe dienten. Da der Bergbau zu Bergsenkungen führte, war es damals nicht möglich, das Abwasser in unterirdische Kanäle zu leiten. Es wäre ständig zu Rohrbrüchen und Verstopfungen gekommen. Die großflächigen Bergsenkungen ließen zudem sogenannte Polderflächen entstehen. Darunter versteht man abgesunkene Gebiete, aus denen das Wasser nicht mehr von selbst abfließen kann. Fast 38 Prozent des Emschergebiets sind Polderflächen. Sie müssen größtenteils durch Deiche geschützt werden. Um sie vom Wasser zu befreien, sind zahlreiche Pumpwerke im Einsatz, die das Wasser aus den Senken herausbefördern.

Ein weiterer Umstand, der die Hochwassergefahr verschärft, ist die zunehmende Bebauung. Sie reicht oft bis an die Gewässer heran. Daher stehen die Flussauen kaum noch als natürliche Überschwemmungsflächen zur Verfügung.

Hochwasserschutz an der Emscher



Grafik 51



Emscher und Rhein-Herne-Kanal

Abbildung 91



Hochwasserrückhaltebecken

Abbildung 93



Pumpwerk
Bönen Kleine Seske

Abbildung 92



Pumpwerk Dorsten Hammbach

Abbildung 94

Technische Schutzanlagen

Zu den wichtigsten technischen Maßnahmen des Hochwasserschutzes zählen bauliche Anlagen. Welche werden in der Emscher-Lippe-Region eingesetzt?

- Deiche schützen die dahinterliegenden Flächen. Deichrückverlegungen werden durchgeführt, wenn man einem Fluss mehr Raum geben will. Das Hochwasser kann sich dann in einem breiteren Flussbett besser verteilen.
- Hochwasserrückhaltebecken speichern meistens neben einem Bach oder Fluss das Hochwasser und geben es anschließend langsam wieder in das Gewässer ab.
- Pump- oder Schöpfwerke kommen zum Einsatz, wenn Wasser aus einem tief liegenden Gelände herausgepumpt werden muss, zum Beispiel aus einem Polder.
- Neben- oder Umflutrinnen legt man als »Umleitungen« für Hochwasser an, wenn es im eigentlichen Flussbett nicht genügend Abflussmöglichkeiten gibt.

➤ Weitere Informationen dazu siehe unseren Schulordner Wasserwelten, S. 159 ff. Der Schulordner Wasserwelten steht im Internet als Download zur Verfügung: www.eglv.de/wasserportal/bildungsarbeit/wasserschule/lehrer/wasserwelten.html

Alle diese Maßnahmen sind für einen bestimmten Wasserstand geplant und gebaut, beispielsweise für ein 200-jährliches Hochwasser. So bezeichnet man ein Hochwasser, das in diesem Ausmaß durchschnittlich alle 200 Jahre eintritt. Einen 100-prozentigen Schutz können aber auch die modernsten Anlagen nicht bieten.

Umbau des Emschersystems – zurück zu naturnahen Fließgewässern

Heute ist es technisch möglich und gesetzlich vorgeschrieben, Schmutzwasser in unterirdische Abwasserkanäle zu verbannen. Bereits 1991 hat die Emschergenossenschaft daher mit dem Umbau des Emschersystems begonnen: Die Emscher und ihre Nebenläufe werden Schritt für Schritt vom Schmutzwasser befreit und anschließend wieder zu naturnahen Fließgewässern umgebaut.

➤ Ausführliches Material zum Umbau des Emschersystems und zur Umgestaltung der Lippe findet sich in unserem Schulordner Wasserwelten, S. 193 ff. Der Schulordner Wasserwelten steht im Internet als Download zur Verfügung: www.eglv.de/wasserportal/bildungsarbeit/wasserschule/lehrer/wasserwelten.html

Der Umbau des Emschersystems

- Neubau der Kläranlagen Dortmund-Deusen, Bottrop und Ausbau des bestehenden Klärwerks Emschermündung
- Bau von Abwasserkanälen mit einer gesamten Länge von 400 Kilometern parallel zur Emscher und zu ihren Nebenläufen
- Anschließend ökologische Verbesserung an den rund 350 Kilometer offenen Wasserläufen
- Bau von Rückhaltemaßnahmen entlang der Bachläufe, die zusätzliches Wasser vor Ort aufnehmen können

Im Zuge dieses gewaltigen Bauvorhabens bieten sich einige Möglichkeiten, den Hochwasserschutz noch anpassungsfähiger zu gestalten. Neben den technischen Anlagen gewinnt der natürliche Wasserrückhalt immer mehr an Bedeutung. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist die ökologische Verbesserung der Fließgewässer, man nennt das auch Renaturierung. Das heißt, wo immer es geht, sollen die Bäche wieder ein breiteres, natürlich schwingendes Bachbett erhalten. Ein sich windender, also mäandernder Bach ist länger, fließt langsamer und nimmt daher mehr Wasser auf. Ist ausreichend Platz vorhanden, können bepflanzte Bachauen als ursprüngliche Überschwemmungsgebiete dienen, in denen das Wasser langsam im Boden versickert. Solche Gebiete nennt man Retentionsräume (von lateinisch »retendere« = »zurückhalten«).



Die alte Emscher in ihrem ausgebauten Bett

Abbildung 95



Der Deininghauser Bach –
ein renaturiertes Fließgewässer im Emschersystem

Abbildung 96

Auch der Lippeverband setzt sich – zusammen mit dem Land Nordrhein-Westfalen – mit dem Lippeauenprogramm für eine Verbesserung und Wiederherstellung eines intakten Flussauen-Ökosystems ein. Ein wesentliches Ziel ist es, die Lippeauen als Retentionsräume für den Hochwasserschutz zu erhalten beziehungsweise zu entwickeln.

Das Conrad-von-Soest-Gymnasium in Soest hat dieses Thema bereits in einem multinationalen Umweltprojekt bearbeitet: Gemeinsam mit europäischen Partnerschulen fand im Sommer 2007 das Projekt »Oberkante – UnterLippe« statt. Die Jugendlichen analysierten die Zusammenhänge von Klima, Hochwasser und Renaturierung. Unter anderem wurde untersucht, ob die Reaktivierung der Lippeaue als Modell für Europa dienen kann. Für dieses erfolgreiche Projekt erhielt die Biologie-AG der Schule im Jahr 2009 den Europäischen Karlspreis für die Jugend.

Hochwasserschutzkonzept am Pöppinghauser Bogen

In Zusammenarbeit mit dem Land Nordrhein-Westfalen, vielen Behörden sowie Emschergenossenschaft und Lippeverband wurden Hochwasseraktionspläne für die beiden Flussgebiete erarbeitet. Hier wird unter anderem beschrieben, »was passiert, wenn etwas passiert«. Die Pläne informieren über Hochwasser und Vorschläge für Maßnahmen, die den Schaden im Fall eines extremen Hochwassers mindern.

Ein Beispiel hierfür ist der Pöppinghauser Bogen. An diesem Abschnitt zwischen Recklinghausen-Röllinghausen und Castrop-Rauxel-Pöppinghausen macht die Emscher einen Bogen – daher der Name. Links und rechts vom Fluss liegen Äcker und Wälder. Die Landschaft ist kaum besiedelt. Ein solches Gebiet mit gewachsener Landwirtschaft gibt es nur noch selten an der Emscher. Im Zuge des Emscher-Umbaus bekommt der Fluss hier mehr Platz, man spricht von einer Aufweitung des Fließgewässerprofils. Als ökologischer Schwerpunkt soll der Pöppinghauser Bogen wieder mit den vorhandenen umliegenden Biotopen verknüpft werden.

Dieses Gebiet mit seinen Äckern und Wäldern bietet sich als Retentionsraum, also als Rückhalteraum, bei extremen Hochwasserereignissen an. Ohne große Schäden und Gefahren für Menschen zu verursachen, ist es möglich, die Fläche zu fluten, das Wasser hier für einige Zeit in der Landschaft »abzupuffern« und so eine Hochwasserwelle zu dämpfen. Man nennt solche Flächen auch Notfallpolder, da sie kurzfristig zusätzliche Wassermengen aufnehmen. Dadurch werden die Städte stromabwärts vor Überschwemmungen geschützt. Um den Wasserabfluss aus dem Notfallpolder zu verringern, soll eine ehemalige Zechenbahnbrücke zukünftig als künstlicher Engpass (Drosselbauwerk) dienen.

Der Pöppinghauser Bogen ist Teil des Strukturförderprogramms Interreg der Europäischen Union. Die



Abbildung 97



Grafik 52

Die Aufweitung des Fließgewässerprofils am Pöppinghauser Bogen

Europäische Union unterstützt und fördert Institutionen, die sich länderübergreifend austauschen und beraten. Der Projektname ALFA steht für die englische Bezeichnung »Adaptive Land Use for Flood Alleviation«, auf Deutsch »Angepasste Landnutzung zur Minderung von Hochwassern«. Im Rahmen dieses Projekts erhalten Strategien und Techniken eine Förderung, die Hochwassergefahren reduzieren sollen. Die behutsame Umnutzung der Landschaft für Zwecke des Hochwasserschutzes kann dafür ein erfolgreicher Ansatz sein. Denn ökologische Entwicklung und Hochwasserschutz gehen hier Hand in Hand.

Mehr zu diesem Projekt ist zu finden unter www.alfa-project.eu.

Hochwasserrückhaltebecken – noch mehr Platz fürs Wasser

Eine weitere Möglichkeit, große Wassermengen aufzunehmen, sind Hochwasserrückhaltebecken. Auch hier lassen sich in manchen Gebieten Hochwasserschutz und Ökologie sehr gut verknüpfen. Dies ist beispielsweise bei den beiden von der Emschergenossenschaft geplanten Hochwasserrückhaltebecken in Dortmund-Ellinghausen und Dortmund-Mengede/Castrop-Rauxel-Ickern der Fall. Die zwei Becken können zusammen die enorme Menge von rund zwei Millionen Kubikmeter Wasser aufnehmen. Sie haben eine Gesamtfläche von 63 Hektar – das entspricht 88 Fußballfeldern. Nach dem Umbau der Emscher schützen sie die flussabwärts liegenden dicht besiedelten Gegenden vor Hochwasser. Das Besondere an diesen Becken: Sie werden so in die Erde gegraben, dass die Emscher durch die Becken durchfließt. Am Ende jedes Beckens ist nur ein sogenanntes Auslassbauwerk nötig, das sich bei Hochwasser schließt. Das Wasser kann sich in die Rückhaltebecken hinein ausbreiten und die Emscher entwickelt dort eigen-dynamisch ihr Flussbett.



Das Hochwasserrückhaltebecken von Dortmund-Mengede/Castrop-Rauxel-Ickern

Grafik 53



Luftaufnahme von der Emscher 2008 am Standort Dortmund-Mengede

Abbildung 98

Die Becken dienen daher nicht nur dem Hochwasserschutz. Im Zuge des Emscher-Umbaus entstehen hier Emscher-Auen, die weitere ökologische Schwerpunkte der neuen Flusslandschaft bilden: Weitgehend ungestört vom Menschen kann sich wieder ein Auenraum mit Feuchtbiotopen, Röhricht und Auwaldbeständen entwickeln. Dies war bis vor rund 150 Jahren in der als »Emscherbruch« bezeichneten Landschaft typisch. Dafür kauft die Emschergenossenschaft zusätzliche Flächen auf. Damit ist sichergestellt, dass das Gebiet nicht bebaut wird. Rund um die Becken soll der Emscher-Weg führen. Spaziergänger und Radfahrer erhalten dort Informationen zu dem Projekt und können die Entwicklung verfolgen, ohne die Natur zu stören.

Weitere Informationen zu den Hochwasserrückhaltebecken sind unter www.sdfproject.nl zu finden.



Neue Flusslandschaften bilden sich

Abbildung 99



Luftaufnahme der Stadt Essen

Abbildung 100

Aktuelle Kooperations- und Entwicklungsprojekte

Steigende Temperaturen, nasse Winter und Wetterextreme wie Hochwasser als Folgen des Klimawandels bergen insbesondere für städtische Regionen eine Herausforderung. Warum? Gebiete mit einer hohen Gebäudedichte sind durchschnittlich wärmer als das weniger bebaute Umland. Hitzeinseln stellen für die Menschen in den Städten eine gesundheitliche Belastung dar – von Kopfschmerzen bis hin zum Kreislaufversagen. Auch starker Regen kann in einer Stadt, in der ein großer Teil des Bodens durch Bebauung versiegelt ist, schneller zu Problemen führen. Auf dem Land versickert das Regenwasser größtenteils direkt in die Erde.

Hier gibt es noch viel Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um herauszufinden, mit welchen Maßnahmen man die Städte am besten an den Klimawandel anpasst. Diese Aktivitäten finden nicht nur an Universitäten oder anderen Forschungseinrichtungen statt. Auch Unternehmen, Verbände, Stadtverwaltungen und viele weitere Institutionen engagieren sich.

Future Cities – Städte stellen sich dem Klimawandel

Die Emschergenossenschaft und der Lippeverband haben daher mit Partnern aus fünf europäischen Ländern das Projekt »Future Cities« ins Leben gerufen. Ziel dieses Projekts ist es, Lösungen zu entwickeln, mit denen man die Städte proaktiv an das sich ändernde Klima anpasst. Proaktiv bedeutet, dass bereits heute mit der Umsetzung dieser Maßnahmen begonnen wird – obwohl man das genaue Ausmaß des Klimawandels noch nicht kennt. Die beispielhaft in Pilotprojekten entwickelten Lösungen sollen auch auf andere europäische Regionen übertragbar sein.

Um die Stadtregionen »klimafit« zu machen, setzt das Projekt an drei Bereichen an: an den städtischen Grünflächen, an den Wassersystemen und am Energieverbrauch.

Die Kooperationspartner des europäischen Projekts »Future Cities«



Broschürenausschnitt »Future Cities«

Grafik 54



Abbildung 101

Begrünte Dächer helfen bei einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung

In der Emscher-Lippe-Region beteiligt sich die Emschergenossenschaft an dem Projekt. Hier bauen die Projektpartner ein bestehendes Gewerbegebiet um. Zu den Maßnahmen zählt die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung: Der Regen wird in ein natürliches Gewässer geleitet anstatt wie üblich in den Abwasserkanal. Darüber hinaus bepflanzt man die Gebäudedächer und Fassaden. Die begrünten Dächer nehmen nicht nur Regenwasser auf, sie tragen auch erheblich zur Wärmedämmung und zur Kühlung des Stadtklimas bei. Das spart Energie im Winter und bringt angenehmere Temperaturen im Sommer. Zudem ist der Einsatz regenerativer Energien geplant.

Ein weiteres Beispiel stellt der Heerener Mühlbach in Kamen dar: Der Lippeverband entwickelt das Fließgewässer wieder zu einem naturnahen Wasserlauf, der sich positiv auf das Klima in der Stadt auswirkt. Eine vorgesehene Begrünung vermindert den Hitzestau im Sommer.

Die Europäische Union fördert »Future Cities« mit 5,5 Millionen Euro. Das Projekt läuft noch bis 2012. Weitere Informationen unter www.futurecities.eu.

»DynAKlim« – Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels

Um die Anpassungsmöglichkeiten der gesamten Emscher-Lippe-Region an den Klimawandel zu erforschen, wurde ein anderes Modellprojekt gestartet: »DynAKlim«, das ist die Abkürzung für »Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des

Klimawandels«. Emschergenossenschaft, Lippeverband und das Aachener Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft führen das Projekt mit mehr als 30 Kooperationspartnern aus der Region durch. Im Mittelpunkt steht die Frage, welche Auswirkungen der erwartete Klimawandel auf die künftige Verfügbarkeit und Nutzung des Wassers in der Emscher-Lippe-Region hat. Auch die möglichen Folgen für Bevölkerung, Wirtschaft und Umwelt fließen in die Untersuchung ein. Für die rund 3,8 Millionen Menschen, die in unserer Region leben, sind das sehr wichtige Aspekte. Das Projekt ist 2009 gestartet, auf fünf Jahre angelegt und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit zwölf Millionen Euro gefördert.

Mehr zu diesem Projekt unter www.dynaklim.de.

Das Wichtigste in Kürze

- Eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung (mehr direkte Regenwasserversickerung in den Boden, weniger Regenwasser in der Kanalisation) stärkt den natürlichen Wasserkreislauf. Sie senkt zudem die Abwasserkosten und dient dem Hochwasserschutz.
- Die Umbau- und Renaturierungsmaßnahmen an Emscher und Lippe bieten ebenfalls einige Möglichkeiten, flexible Hochwasserschutzmaßnahmen umzusetzen. Dafür werden unter anderem sogenannte Retentionsräume (zum Beispiel Flussauen) entwickelt, in denen das Wasser langsam versickern kann. Damit erhöht sich der natürliche Wasserrückhalt in der Fläche entlang der Fließgewässer.
- Notfallpolder wie der Pöppinghauser Bogen dienen als Rückhalteraum für extreme Hochwasserereignisse.
- Neue Hochwasserrückhaltebecken bilden auch ökologische Schwerpunkte: Hier kann sich wieder ein Auenraum mit Feuchtbiotopen und Wäldern entwickeln.
- Die Emscher-Lippe-Region nimmt an aktuellen Forschungsprojekten zum Klimawandel teil: Sie untersucht beispielsweise die Anpassungsmöglichkeiten von Städten an das sich ändernde Klima und die künftige Verfügbarkeit von Wasser in unserer Region.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

»Emscher-Orchidee«



Eine gebietsfremde Pflanze (Neophyt) erobert die Auen: Das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*), auch Indisches Springkraut, Polizisten-Helm, Bauernorchidee, Emscher-Orchidee oder Wupperorchidee genannt, ist eine Pflanzenart der Familie der Balsaminengewächse (Balsaminaceae). Es tritt in Europa als invasiver Neophyt auf, also als eine hier nicht heimische, aber fest eingebürgerte Pflanzenart, die sich auf Kosten anderer Organismen ausbreitet.



Drüsiges Springkraut (*Impatiens glandulifera*)



Kapsel Frucht des Drüsigen Springkrauts

Die Blüten sind reich an stark zuckerhaltigem Nektar und daher sehr attraktiv für Insekten. Sie werden vor allem durch Honigbienen, aber auch durch Hummeln bestäubt. Eine Pflanze kann mehr als 4 000 Samen produzieren, in Reinbeständen kommt man so auf bis zu 32 000 Samen pro Quadratmeter. Sie werden aus der reifen Kapsel ausgeschleudert und erreichen dabei Entfernungen bis sieben Meter. Mit fließendem Wasser kommt es zu Fernausbreitung über sehr weite Distanzen, bei starker Strömung werden die Samen am Grund mit dem Sediment transportiert, getrocknete Samen können schwimmen. Auch Sprosssteile, die im fließenden Wasser mitschwimmen, können zu ganzen Pflanzen heranwachsen (Stromtalpflanze). Umgeknickte Pflanzen treiben an den Knoten Wurzeln und können dann aufrecht weiterwachsen. Daneben kommt es zu Samen-transport mit Bodenmaterial bei Baumaßnahmen. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit wurde in England mit 2,5 bis fünf Kilometern pro Jahr berechnet.

Konkurrenz durch Einwanderer (Neobionten)

Schätzungen zufolge können sich die finanziellen Folgen der Einwanderung von hier fremden Tieren und Pflanzen in Europa auf zwölf Milliarden Euro im Jahr belaufen. Auch das Drüsige Springkraut verursacht Kosten. Ursprünglich wächst es im Himalaja. Es wurde als Zierpflanze importiert, doch wuchert es jetzt auch bei uns ungebremst, entzieht dem Boden Nährstoffe und verdrängt heimische Pflanzen. Wurzeln anderer Pflanzen, die bislang die Flussufer befestigen, fehlen deshalb. Bodenerosion und damit hohe Kosten für die Land- und Forstwirtschaft sowie für die Unterhaltung der Fließgewässer sind die Folge. Eingewanderte Tiere und Pflanzen lösen zwar keine ökologische Katastrophe aus, aber sie können das natürliche Gleichgewicht empfindlich stören und erhebliche Schäden anrichten. Aussperren aus Europa kann man die Tiere und Pflanzen jedoch nicht. Deshalb suchen Umweltexperten der Europäischen Union derzeit nach Lösungen.

Name _____

Datum _____

Klasse _____



4.1.2

ARBEITSBLATT | »Emscher-Orchidee«

Eure Aufgaben:



- ➔ **Erstelle einen Steckbrief vom Drüsigen Springkraut.**
- ➔ **Überlege, warum das Drüsige Springkraut in manchen Presseartikeln als »Emscher-Orchidee« bezeichnet wird.**
- ➔ **Erläutere, warum das Drüsige Springkraut überwiegend an Bach- und Flussufern anzutreffen ist.**
- ➔ **Erkläre, welche Eigenschaften eine Stromtalpflanze besitzen muss.**
- ➔ **Erläutere, welche Wechselwirkungen zwischen dem Drüsigen Springkraut und heimischen Pflanzen bestehen.**
- ➔ **Berechne, wie viele Samen des Drüsigen Springkrauts auf einer Fläche von 100 Quadratmetern maximal produziert werden können.**
- ➔ **Ermittle, wie viele Pflanzen unter idealen Bedingungen zu erwarten sind, wenn eine Pflanze 4 000 Samen produziert.**
- ➔ **Erkläre, welche Ursachen die Einwanderung neuer Arten (Neobionten) hat.**
- ➔ **Erkundige dich über weitere Neophyten wie zum Beispiel Wasserpest, Ambrosia, Riesenbärenklau (Herkulesstaude), Japanischen Knöterich, aber auch über den nordamerikanischen Bisam.**
- ➔ **Trage Fotos, Zeichnungen und Texte zu diesen Arten zusammen und kennzeichne in einer Weltkarte deren ursprüngliche sowie deren neue Heimat und ihre derzeitige Verbreitung.**
- ➔ **Erkundige dich über die Geschichte dieser Einwanderer und vergleiche sie mit der des Drüsigen Springkrauts.**
- ➔ **Überlege, ob sich Drüsiges Springkraut angesichts der Fortpflanzungsstrategie und des Lebenszyklus aus unserer Landschaft wieder entfernen lässt? Wenn ja, wie sollte das erfolgen oder sollte man es wachsen lassen?**
- ➔ **Recherchiere im Umfeld deiner Schule bzw. deines Wohnorts, wo Exemplare des Drüsigen Springkrauts wachsen, markiere sie auf einer Karte, teile deine Untersuchungsergebnisse der zuständigen Behörde mit und hilf bei der Beseitigung mit.**



Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Biologische Vielfalt (Biodiversität) und Naturschutz



4.2.1

Nordrhein-Westfalen zeichnet sich mit über 43 000 verschiedenen Pflanzen- und Tierarten durch eine große Artenvielfalt aus. Diese Vielfalt ist durch das Nebeneinander zweier großer, sehr unterschiedlicher Natur- und Lebensräume bedingt: das atlantisch geprägte Tiefland und das teilweise kontinental geprägte Bergland.



Diese vielfältige Ausprägung der Natur macht differenzierte Schutzmaßnahmen nötig. So verfügt Nordrhein-Westfalen derzeit über 3 530 Natur- und Artenschutzgebiete auf einer Gesamtfläche von 610 700 Hektar – das sind 10,8 Prozent der gesamten Landesfläche.

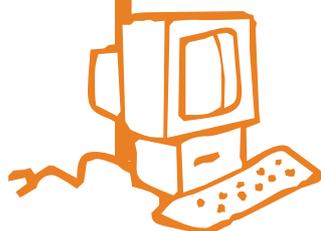
Die Gefährdungen für die nordrhein-westfälische Flora und Fauna bestehen in Belastungen durch land- und forstwirtschaftliche Produktion sowie Veränderungen des Wasserhaushalts und der Nährstoffversorgung durch die Luft. Aber auch die anstehenden Klimaänderungen werden Auswir-

kungen auf die Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren haben und sich vor allem in der Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften und Artenverbreitung niederschlagen. Dabei gibt es bereits jetzt Klimagewinner und Klimaverlierer. Bei steigenden Durchschnittstemperaturen ist damit zu rechnen, dass Kälte- und Feuchtigkeit liebende Arten zurückgehen, Wärme liebende dagegen eher zunehmen werden. Daher sind Tiere und Pflanzen mit einem engen ökologischen Toleranzbereich stärker bedroht als robustere und anpassungsfähigere Arten.

Eure Aufgaben:



- ➔ Informiere dich über die verschiedenen Schutzgebietskategorien, in welche die mehr als 3 500 Natur- und Artenschutzgebiete Nordrhein-Westfalens (610 700 Hektar = 10,8 Prozent der gesamten Landesfläche) eingeordnet werden.
- ➔ Überlege, welche Maßnahmen ergriffen werden müssten, um den Auswirkungen des Klimawandels rechtzeitig zu begegnen.
- ➔ Recherchiere, welche Arten bereits jetzt zu den Klimagewinnern und Klimaverlierern zählen und welche Arten bei fortschreitendem Klimawandel in Zukunft möglicherweise hinzukommen werden. (Nutze zur Bearbeitung auch die selbst gebastelte Drehscheibe, siehe Arbeitsblatt 4.6).
- ➔ Der Erhalt der Artenvielfalt ist die zentrale Aufgabe des Artenschutzes. Recherchiere, welche verschiedenen Instrumente den zuständigen Ämtern und Behörden sowie den Naturschutzvereinen und -verbänden hierzu zur Verfügung stehen.



Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Amphibienwanderung



Manche Lurcharten begeben sich als ausgewachsene Tiere bis zu dreimal im Jahr auf Wanderschaft. Dabei sind die Tiere zahlreichen Gefahren ausgesetzt. Viele davon sind Folgen der Nutzung der Natur durch den Menschen. Aber auch klimatische Bedingungen führen in manchen Jahren zu hohen Verlusten. In strengen Wintern überleben manchmal nur 60 Prozent einer Lurchpopulation. Außerdem kommt hinzu, dass jedes Jahr gut 35 Prozent aller Weibchen im Laichgewässer an Erschöpfung zugrunde gehen.



Erdkröten

Abbildung 104



Abbildung 106

„Doppeldecker“ – Weibchen trägt Männchen zum Laichgewässer



Die Fortpflanzungs- und Wanderungszeiten von Erdkröte, Teichmolch, Grasfrosch und anderen Lurcharten werden von endogenen Faktoren (zum Beispiel Hormonhaushalt) gesteuert. Äußere Faktoren wie Temperatur, Tageslänge und Feuchtigkeit in den Abend- und Nachtstunden dienen letztlich als Auslöser.

Erdkröten legen auf ihrem Weg zum Laichgewässer bis zu vier Kilometer zurück. Sind Winterquartier und Laichgewässer durch eine verkehrsreiche Straße getrennt, kommen viele Lurche unter die Räder. Straßenschilder, die auf »Krötenwanderungen« hinweisen, haben meist nur begrenzten Erfolg. Sinnvoller ist die Sperrung der Straße, die die Wanderroute von Amphibien quert, zumindest während der Abend- und frühen Morgenstunden, wenn die meisten Tiere unterwegs sind. Eine andere Möglichkeit ist das Anlegen von Krötentunneln oder das Aufstellen von Schutzzäunen, vor denen die Lurche in eingegrabene Eimer fallen. Morgens und abends werden sie eingesammelt, über die Straße getragen und können dann ihre Wanderung zum Laichgewässer fortsetzen.



Abbildung 105

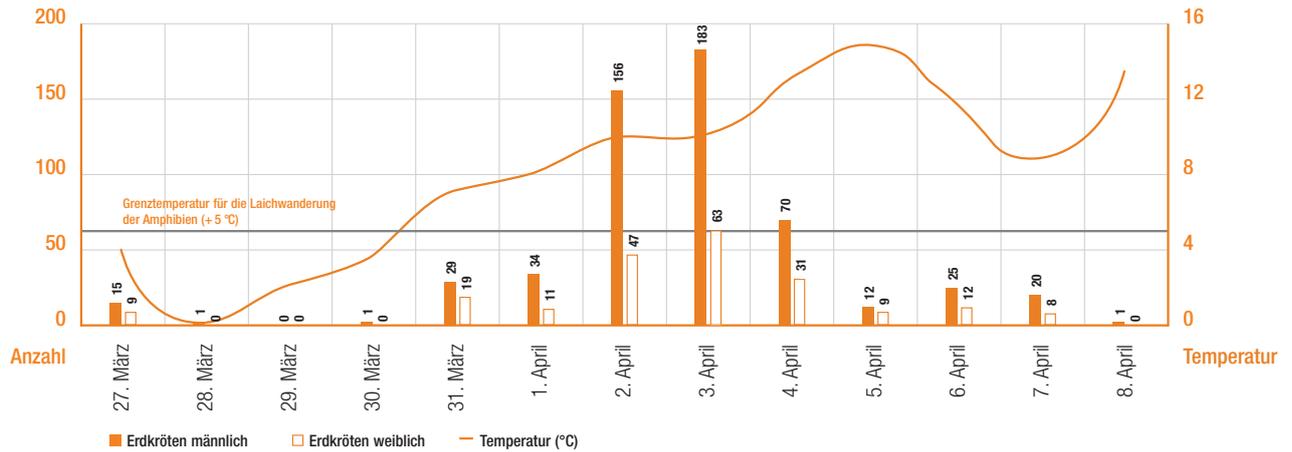
Solche Amphibienschutzaktionen haben die Mitglieder der Umwelt-AG des Mariengymnasiums in Werl und der Bio-AG des Conrad-von-Soest-Gymnasiums in Soest durchgeführt. Dabei wurde die Anzahl der eingesammelten Kröten registriert.

Name _____ Datum _____ Klasse _____

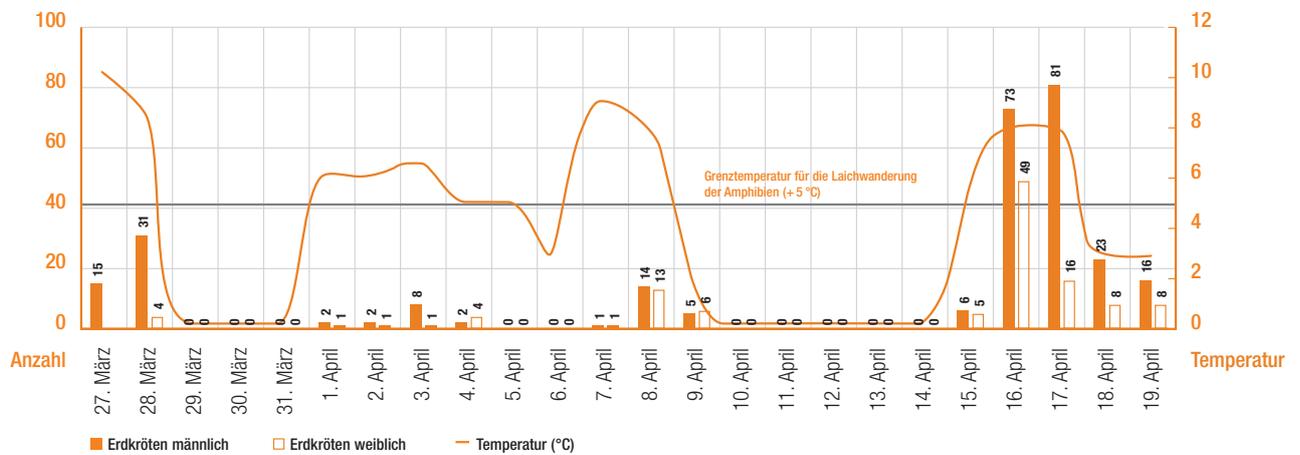


ARBEITSBLATT | Amphibienwanderung – Anzahl eingefangener Erdkröten

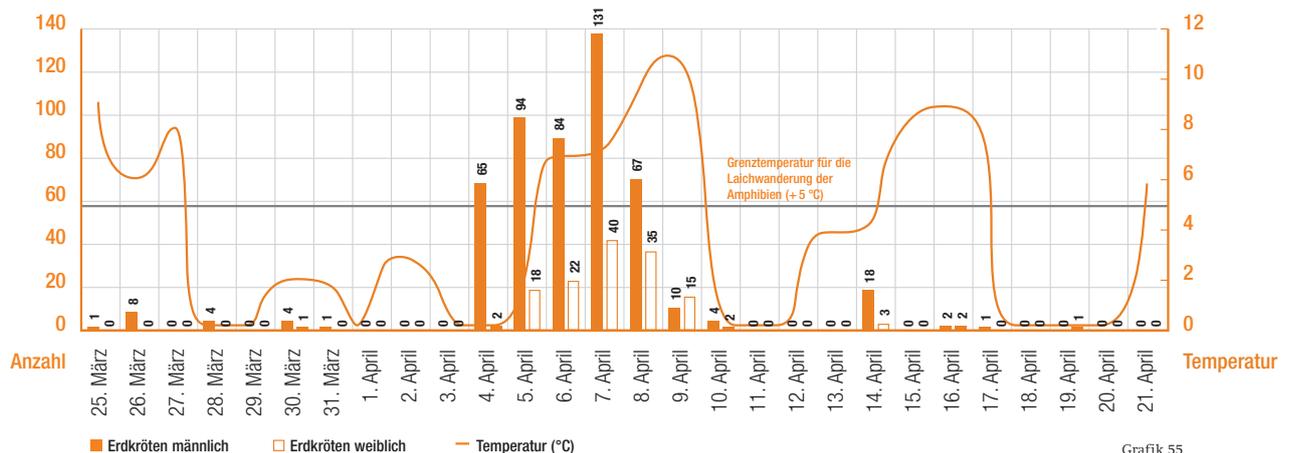
Erdkrötenwanderung (männlich und weiblich) 1985



Erdkrötenwanderung (männlich und weiblich) 1986



Erdkrötenwanderung (männlich und weiblich) 1987



Grafik 55

Name _____

Datum _____

Klasse _____

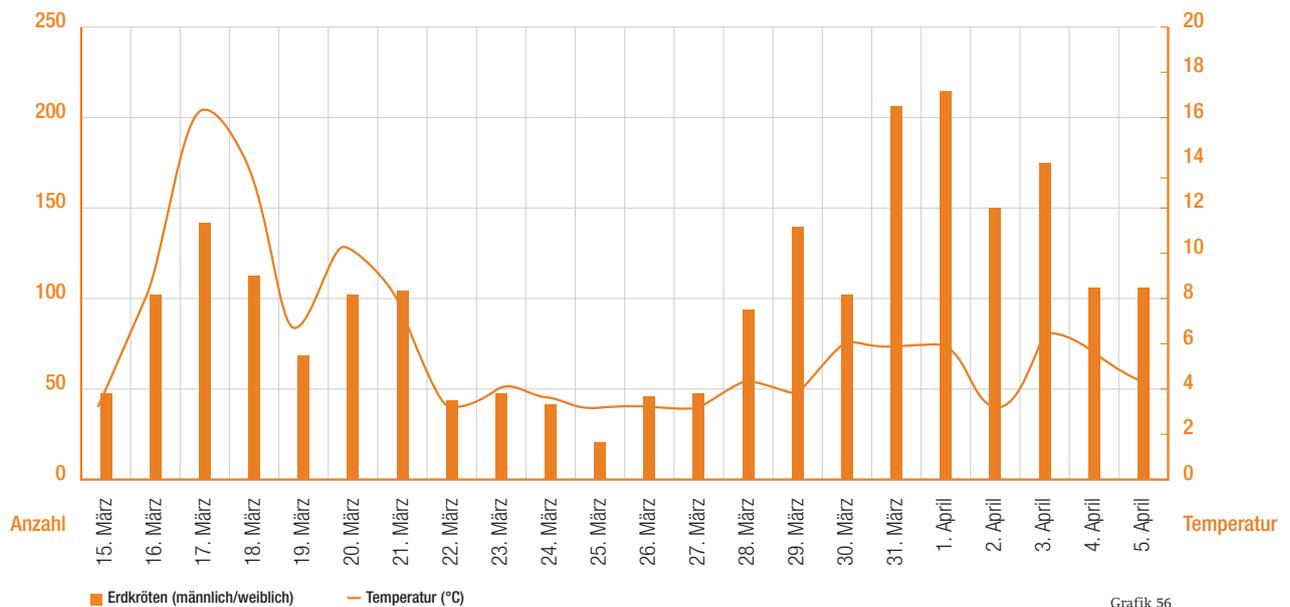


4.3.3

ARBEITSBLATT | Amphibienwanderung

Erdkrötenwanderung und Temperatur

Wanderungsaktivität der Erdkröte in Abhängigkeit von der Temperatur. Bei ihren alljährlichen Amphibienschutzaktionen stellten die Mitglieder der Bio-AG fest, dass in den letzten Jahren (bis 2008) die Laichplatzwanderung bereits im Januar, zweimal im Februar und ansonsten Anfang bis Mitte März begann.



Eure Aufgaben:



- ➔ Ermittelt, wie viele Erdkröten in den Jahren 1985, 1986 und 1987 insgesamt registriert wurden, differenziert nach Weibchen und Männchen, und berechnet das Geschlechterverhältnis.
- ➔ Erläutert, welche Faktoren Beginn und Dauer der Laichplatzwanderungen beeinflussen. Berücksichtigt dabei auch die Zusatzinformationen, die den Beobachtungen von Mitgliedern der Bio-AG über den Ablauf der Wanderungsaktivitäten zu entnehmen sind.
- ➔ Analysiert die in den vier Grafiken zusammengetragenen Daten dahin gehend, ob sich irgendwelche Rückschlüsse auf einen möglichen Klimawandel erkennen lassen.
- ➔ Berücksichtigt dabei auch die Zusatzinformationen, die den Beobachtungen von Mitgliedern der Bio-AG über den Ablauf der Wanderungsaktivitäten zu entnehmen sind.



Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Die Birke als Bioindikator für den Klimawandel



4.4.1

Jedes Jahr bereiten sich Bäume und viele andere Pflanzen auf die nächste Wachstumsperiode vor, indem sie Knospen bilden. Diese Knospen bleiben während der kalten oder trockenen Jahreszeit geschlossen und brechen auf, wenn es zu regnen beginnt oder die Temperaturen steigen. In diesem Protokoll bestimmst du den Zeitpunkt, zu dem sich die Knospen eines Birkenbaums in deiner Umgebung öffnen. Bei wiederholter Messung kannst du Veränderungen dieses Zeitpunkts an deinem Wohnort feststellen.

Zeitbedarf:

- eine Stunde für die Auswahl des Messorts und der Birke
- 15 Minuten für die tägliche Begehung (ohne Anfahrtszeiten) über mehrere Monate hinweg

Material und Hilfsmittel:

- Datenblatt »Birke« und Klebeband zur Markierung, Kamera
- einmalig: Maßband, Försterdreieck, evtl. GPS-Gerät

Eure Aufgaben:



Dokumentiere alle Arbeitsschritte mit der Kamera

- ➔ Wähle eine geeignete Birke aus. Für die täglichen Beobachtungen ist es zweckmäßig, eine gut erreichbare Stelle auszuwählen. Da du den Messort häufig aufsuchen musst, macht es Sinn, diesen möglichst in Schulsnähe oder in der Nähe der Wohnung zu bestimmen. Es wäre optimal, wenn sich auf dem Schulgelände oder an einer anderen Stelle in der Nähe der Schule Birken finden ließen. Dabei solltest du sicherstellen, dass das Gelände weder bewässert noch gedüngt wird. Sonst musst du eine andere Stelle wählen.
- ➔ Markiere zwei Zweige, die nach Süden zeigen (Sonnenstand, Kompass) und an denen du gut die Knospen betrachten kannst. Notiere die ungefähre Höhe der Zweige.
- ➔ Spätestens ab Mitte Februar¹ beantworte jeden Tag für jeden Zweig folgende Fragen:
 - a) Hat sich irgendeine Knospe geöffnet?
 - b) Kann man Anzeichen kleiner grüner Blätter in der Knospe erkennen? Notiere die täglichen Beobachtungen im Datenblatt. Achte auch auf kleine Farb- und Formänderungen der Birkenknospen und notiere und fotografiere oder zeichne sie.
- ➔ Nachdem sich die Knospen an beiden Zweigen geöffnet haben, zähle die seit dem 1. Januar vergangenen Tage. Stelle deine Ergebnisse (Bilder, Tabelle und Diagramm) im Unterricht vor. Wenn du die Messreihe im folgenden Jahr wiederholst, kannst du Veränderungen gegenüber dem Vorjahr erkennen. Warum ist die Knospung nicht immer am gleichen Datum? Wie verändert sich der Durchschnitt der Knospungsdaten in mehreren Jahren?

¹ Für weiter gehende Messungen ist der 1. Januar eines Jahres der Messbeginn.

Name _____

Datum _____

Klasse _____



4.4.2

ARBEITSBLATT | Die Birke als Bioindikator für den Klimawandel



So könnte dein Datenblatt aussehen. Du kannst es auch mit einem Tabellenprogramm deines Computers erstellen.

Datenblatt-Muster:



Projekt: Birkenknospung

»Umweltforscher«:

Steckbrief des Baums:

Art:	
Standort:	GPS:
Stammumfang in 1,35 m Höhe:	Höhe:
weitere Angaben:	

Beobachtungsprotokoll zur Öffnung der Knospen (g = geschlossen; o = offen; b = Blatt bricht auf)

Datum	Zweig 1	Zweig 2	Wetter			Niederschlagsmenge in mm
			Aktuell	Max.	Min.	
	Stammnah; nach Süden weisend; bis zum Mittag im Schatten	Stammfern; nach Süden weisend; schon am frühen Vormittag sonnige Lage				
07.02.2010	Anbringen des Markierungsbändchens	Anbringen des Markierungsbändchens	12 °C	14 °C	8 °C	2 mm
08.02.2010				
...	...					



ARBEITSBLATT | Die Birke als Bioindikator für den Klimawandel

4.4.3

Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer

➔ Das Arbeitsblatt zur Knospung der Birke regt zur intensiven (für manche Schülerinnen und Schüler auch zur erstmaligen genaueren) Naturbeobachtung an und sensibilisiert dafür, geringfügige, aber gegebenenfalls bedeutsame Veränderungen wahrzunehmen. Diese Veränderungen der Entwicklungsphasen (Phänophasen) der Birke können als Indikatoren für den Klimawandel angesehen werden und zu eigenem Handeln animieren.

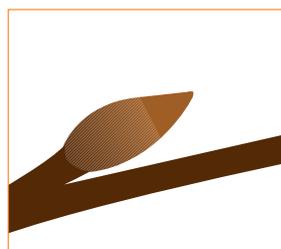
Die Knospung der Birke zeigt den tatsächlichen Frühlingsbeginn an und ist beispielsweise abhängig vom Verlauf der Minimaltemperaturen und der täglichen Sonnenscheindauer beim Übergang vom Winter in den Frühling. So kann erwartet werden, dass die ersten Knospen aufbrechen, wenn über acht bis zehn Nächte bei ausreichendem Niederschlag die Minimumtemperaturen über fünf Grad Celsius liegen.

Sie sollten mit Ihren Schülerinnen und Schülern mindestens das Knospungsdatum ermitteln, das zum Beispiel im Jahre 2007 in NRW zwischen der achten Woche (21. Februar in Köln) und der 13. Woche (im Münsterland) lag. Dazu können Sie für sich den Einstiegszeitpunkt in das Beobachtungsprogramm festlegen. Er sollte am besten spätestens Anfang/Mitte Februar liegen und mit der Auswahl und Standortbestimmung sowie Vermessung der ausgewählten Birke(n) beginnen. Es ist nützlich und auch wissenschaftlich sehr empfehlenswert, neben der genauen Beobachtung und der Bestimmung der aktuellen Temperatur die Minimum- und Maximumtemperatur des Tags sowie die tägliche Niederschlagsmenge zu ermitteln. Um weitergehende Beobachtungen und Berechnungen durchzuführen, ist die Beobachtung Anfang Januar zu starten, auch wenn sich anfangs kaum Veränderungen an der Knospe zeigen werden.

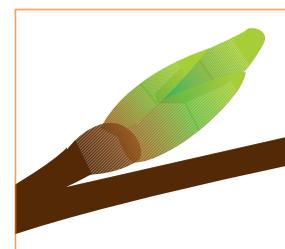
Hinweise zur Knospung

Zur Einstimmung auf die Beobachtung empfiehlt es sich, schon Anfang Februar einige Birkenzweige in die Schule zu holen und in eine große Vase mit Wasser zu stellen. So lassen sich die einzelnen Entwicklungsstadien der Blatt- und Blütenknospen im Vorhinein beobachten. Die Beteiligten wissen dann, was sie erwartet und dass sie sich unter Umständen eine gute Lupe zurechtlegen sollten, um die kleinen Blattknospen deutlich zu sehen.

Die Knospung ist noch nicht eingetreten, wenn die zuvor braune Knospe schon einige Tage lang grünlich schimmert (Protokollblatt: o). Erst wenn sich der Rand eines Blättchens an der Knospe ausmachen lässt oder – besser gesagt – abhebt, öffnet sich die Knospe (b = budburst), nicht früher und nicht später.



Noch geschlossene Knospe



Deutlich geöffnete Knospe

Nachdem die Knospung erfolgt ist, bietet sich die Fortführung der Beobachtung während der gesamten Vegetationsperiode an. Hier ist die Beobachtung dann in größeren Zeitabständen von der Blattentfaltung über die Blüte und Fruchtbildung bis zum Blattfall im Herbst möglich.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Pflanzen reagieren auf Ozon



4.5.1

In den Sommermonaten kann am Boden für Pflanzen und Menschen giftiges Ozon aus anderen Luftschadstoffen entstehen. Um die Schädigung durch das Gas zu erkennen, führt man einen Versuch durch, bei dem zwei Pappelpflanzen am selben Standort in ihrem Wachstum beobachtet werden. Eine Sorte der Pappeln ist ozonempfindlich (Loenen), die andere Sorte (Rochester) ist ozonunempfindlich. (Weitere Informationen zur Durchführung, Auswertung und zum Bezug von Pflanzen sind zu finden auf der Seite www.bio-sos.net [Stand: November 2009])



Im Frühjahr werden Stecklinge gepflanzt und angezogen. Während der Beobachtungszeit (etwa Mitte Juni bis Anfang September) stellt man die Pflanzen an einen sonnigen Standort. Die Schülerinnen und Schüler vermessen sie einmal wöchentlich. Natürlich müssen auch in der Ferienzeit Messungen vorgenommen werden. Es werden folgende Daten erhoben und dokumentiert.



Abbildung 107

Eure Aufgaben:



- ➔ Wie viele Blätter treiben an den Pflanzen aus?
- ➔ Wie viele Blätter sind abgestorben?
- ➔ Wie viele Blätter bilden nicht genügend Chlorophyll?
- ➔ Wie viele Blätter vergilben?
- ➔ Welche und wie viele Blätter haben Schädigungen?
- ➔ Wie hoch ist die Pflanze gewachsen?
- ➔ Wie dick ist der Spross geworden (gemessen zehn Zentimeter über dem Austrieb)?
- ➔ Welche Schädigungen weisen die Blätter auf (Wachstumsstörungen, Insektenbefall, Pilzbefall)?
- ➔ Verzweigen sich die Pflanzen während des Wachstums?
- ➔ Ist die Sprossspitze gesund ausgebildet oder verkümmert sie?
- ➔ Untersuche die Pflanzenwurzeln nach Abschluss der Messreihe. Welche Besonderheiten weisen die Pflanzenwurzeln auf?



Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Selbst gebastelte Klimadrehscheibe



Mithilfe einer selbst gebastelten Klimadrehscheibe kannst du am Beispiel der Lippeaue Rückschlüsse auf den Klimawandel ziehen.

Zum Basteln der Drehscheibe brauchst du:

- ! Kleber
- ! eine Schere
- ! Plakatkarton (zum Beispiel aus einem Schuhkarton)
- ! eine Umschlagklammer



Die Lippeaue als wichtigste ökologische Ost-West-Verbindung in der westfälischen Bucht

Grafik 57



Der Bauplan:



- ➔ Schneide die drei Scheiben (01: obere Scheibe, 02: mittlere Scheibe, 03: untere Scheibe) aus.
- ➔ Schneide aus der oberen Scheibe den vorgegebenen Sektor aus, damit die Abbildungen der darunterliegenden Scheibe ausschnittsweise betrachtet werden können und die Bilder auf der mittleren sowie die Beschriftungen auf der unteren Scheibe sichtbar werden.
- ➔ Bohre durch den gemeinsamen Scheibenmittelpunkt der drei aufeinanderliegenden Scheiben an der jeweils markierten Stelle ein Loch, durch das du die Umschlagklammer steckst. Deren Enden klappt du dann auseinander.
- ➔ Auf diese Weise entsteht ein Drei-Scheiben-System, dessen beide oberen Scheiben gegeneinander verschiebbar sind.



Folgende Fragestellungen geben dir Informationen rund um die Drehscheibe und den Klimawandel in der renaturierten Lippeaue: Wusstest du schon, dass ...

- ! die Lippeaue die wichtigste Ost-West-Verbindung in der Westfälischen Bucht ist?
- ! die an der Lippe durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen zunächst starke Eingriffe in den Verlauf des Flusses bedeuten?
- ! durch die Renaturierung der Lippe in der Vergangenheit vorgenommene Begrädnungen des Flusses und die Sicherung seiner Ufer beseitigt wurden?
- ! Renaturierungsmaßnahmen in der Lippe und in ihrer Aue aufgrund der nunmehr wieder wirksamen Wasserdynamik zahlreiche neue Lebensräume geschaffen haben?
- ! Hochwasser und globale Erwärmung eng zusammenhängen?

Name _____ Datum _____ Klasse _____

ARBEITSBLATT | Selbst gebastelte Klimadrehscheibe

Abbildung 111



Abbildung 110
Abbildung 109



Abbildung 112
Abbildung 113

02.

Abbildung 108

01.



Oberkante – UnterLippe
Hochwasser an der Lippe

Abbildung 114

ARBEITSBLATT | Selbst gebastelte Klimadrehzscheibe



Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer

Oberkante – UnterLippe. Klimawandel in der renaturierten Lippeaue

Umgang mit der Drehscheibe

➔ Die Drehscheibe »Oberkante – UnterLippe. Klimawandel in der renaturierten Lippeaue« informiert einerseits über die Erfolge der Renaturierung des Lippeflusses und seiner Aue und andererseits über den auch in der Lippeaue sichtbar werdenden Klimawandel. Das Medium Drehscheibe bietet eine Alternative zu herkömmlichen Medien. Schülerinnen und Schüler können sich mithilfe dieses Mediums im Vorfeld der Beschäftigung mit Fragen der Renaturierung und des Klimawandels spielerisch manuell die gewünschten Informationen zur Renaturierung und zum Klimawandel in der Lippeaue verschaffen, ohne – wie so häufig – in einem Buch blättern zu müssen. Das »drehbare Mininachschlagewerk« birgt aber noch weitere Vorteile: Zum einen stellt es eine andere als die übliche Form – Arbeitsblatt, Flyer, Buch, Dia, Film, Video, CD-ROM, DVD – der Informationsbeschaffung und somit einen Wechsel der Methode und des Mediums dar. Zum anderen bietet diese Form der Wissensvermittlung die Möglichkeit, die Kreativität der Schülerinnen und Schüler zu fördern durch Anregung zum selbst gestaltenden Lernen mit verschiedenen Sinnen, indem sie nämlich Drehscheiben zu Teilthemen dieser Thematik, wie zum Beispiel zu den Themen »Gewinner beziehungsweise Verlierer des Klimawandels«, »Indikatoren für den Klimawandel« oder »Auswirkungen der Renaturierung«, selbst entwickeln. Ebenso kann die Drehscheibe zum Wiederholen, Festigen und Ergänzen der erarbeiteten Sachverhalte eingesetzt werden.

Zur Bearbeitung der Thematik »Leben und Werk von Hermann Müller« im Rahmen von Schule und Unterricht bietet sich die Projektarbeit an. Ein Pro-

jekt zum Thema »Oberkante – UnterLippe. Klimawandel in der renaturierten Lippeaue« sollte so angelegt sein, dass fächerübergreifendes Lernen integraler Bestandteil der Projektkonzeption ist. Dabei ergeben sich verschiedene Möglichkeiten fächerübergreifenden Lernens. So kann der Regelunterricht verschiedener Unterrichtsfächer in die Thematik eingebunden werden.

Der Biologieunterricht kann sich im Rahmen eines solchen Projekts mit folgenden Themen beschäftigen: Aufarbeiten der Thematiken »Gewinner beziehungsweise Verlierer des Klimawandels«, »Indikatoren für den Klimawandel« oder »Auswirkungen der Renaturierung auf Flora und Fauna« und Präsentieren der Arbeitsergebnisse in Form einer Ausstellung im Foyer der Schule.

Gegenstand des Erdkundeunterrichts können folgende Aspekte sein: »Erstellen einer Landkarte, in der die renaturierten Lippeabschnitte markiert sind«, »Auswerten von Archivmaterial bezüglich des Landschaftswandels in der Lippeaue«, »Rekonstruktion des ursprünglichen Lippeverlaufs anhand alten Kartenmaterials«.

Geschichts- und Politikunterricht können sich im Rahmen eines solchen Projekts mit folgenden Themen beschäftigen: »Landschaftswandel in der Lippeaue und seine Ursachen«, »Ursachen des Klimawandels«.

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Hochwasser braucht einfach Platz!



Die Karte zum Ausmalen stellt den Pöppinghauser Bogen dar, wie er nach dem Emscher-Umbau einmal werden soll. An diesem Abschnitt zwischen Recklinghausen-Röllinghausen und Castrop-Rauxel-Pöppinghausen macht die Emscher einen deutlichen Bogen, daher der Name. Rechts und links des Ufers liegen Felder und Wiesen, kaum Häuser und Wohngebiete. Sollte die Emscher im Falle eines Hochwassers über die Ufer treten, kann sich das Wasser hier, ohne größere Schäden anzurichten, auf einer großen Fläche einfach ausbreiten.



Abbildung 116



Grafik 58

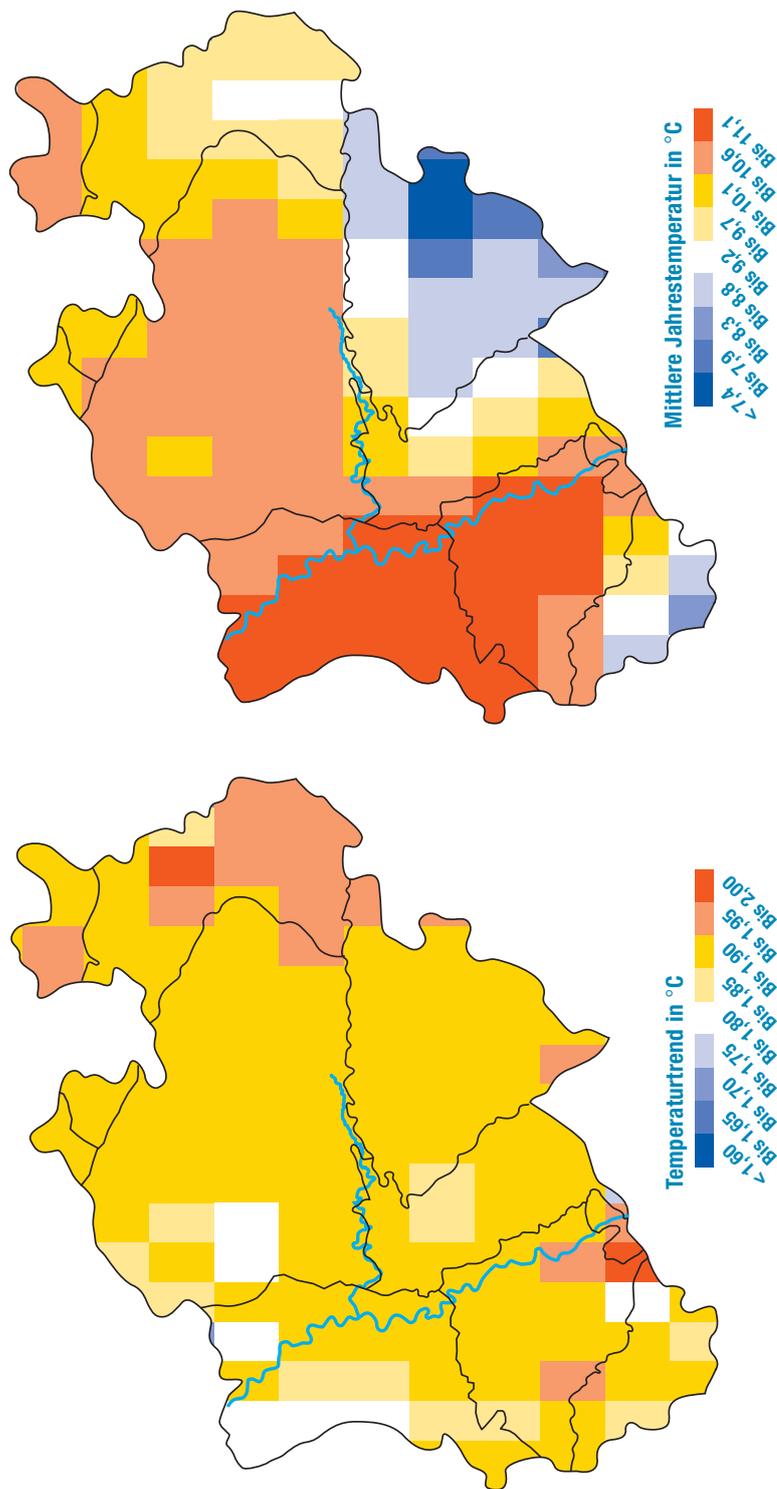
Eure Aufgaben:



- ➔ Schraffiere in der Karte die umrissenen Areale blau. Hier kann sich das Wasser im Falle eines Hochwassers ausbreiten.
- ➔ Sieh dir das Foto und die Karte an. Was passiert, wenn der Pöppinghauser Bogen bei Hochwasser »geflutet« wird? Welche Schäden kann das Hochwasser dort anrichten?
- ➔ Was würde passieren, wenn das Hochwasser sich dort nicht ausbreiten könnte?
- ➔ Welche Schäden könnte ein Hochwasser in dicht besiedelten Gebieten anrichten?



Temperaturzunahme in Nordrhein-Westfalen 2031–2060



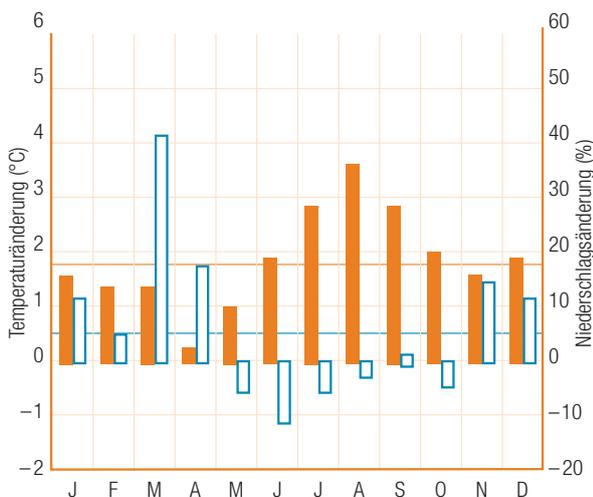
Grafik 40

FOLIE

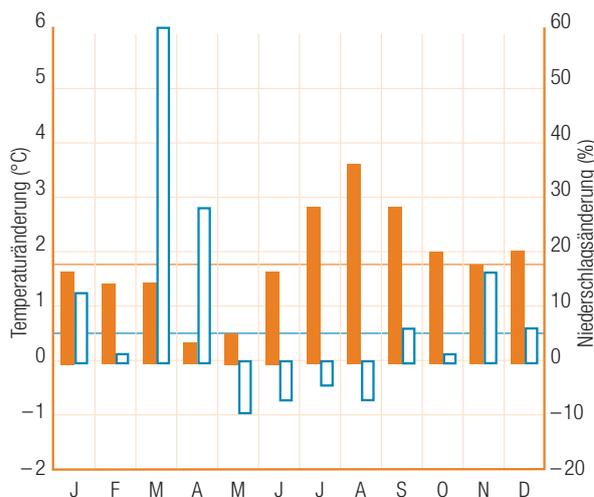


Veränderung Monatstemperaturen und -niederschläge

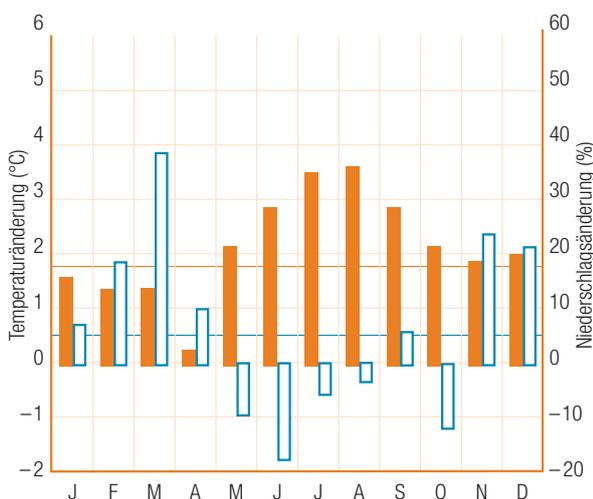
Rheintal und Kölner Bucht



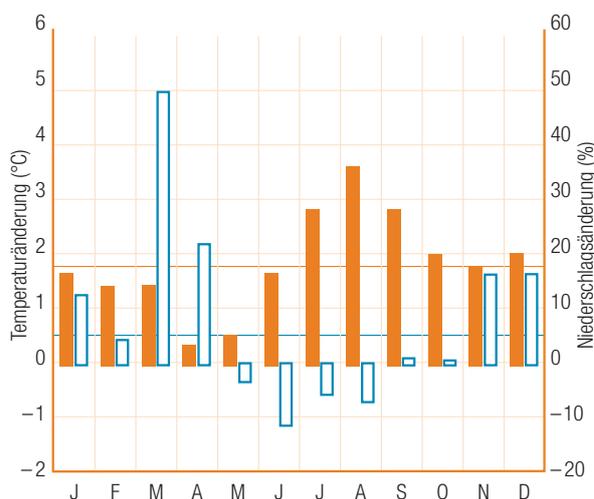
Westfälische Bucht



Eifel



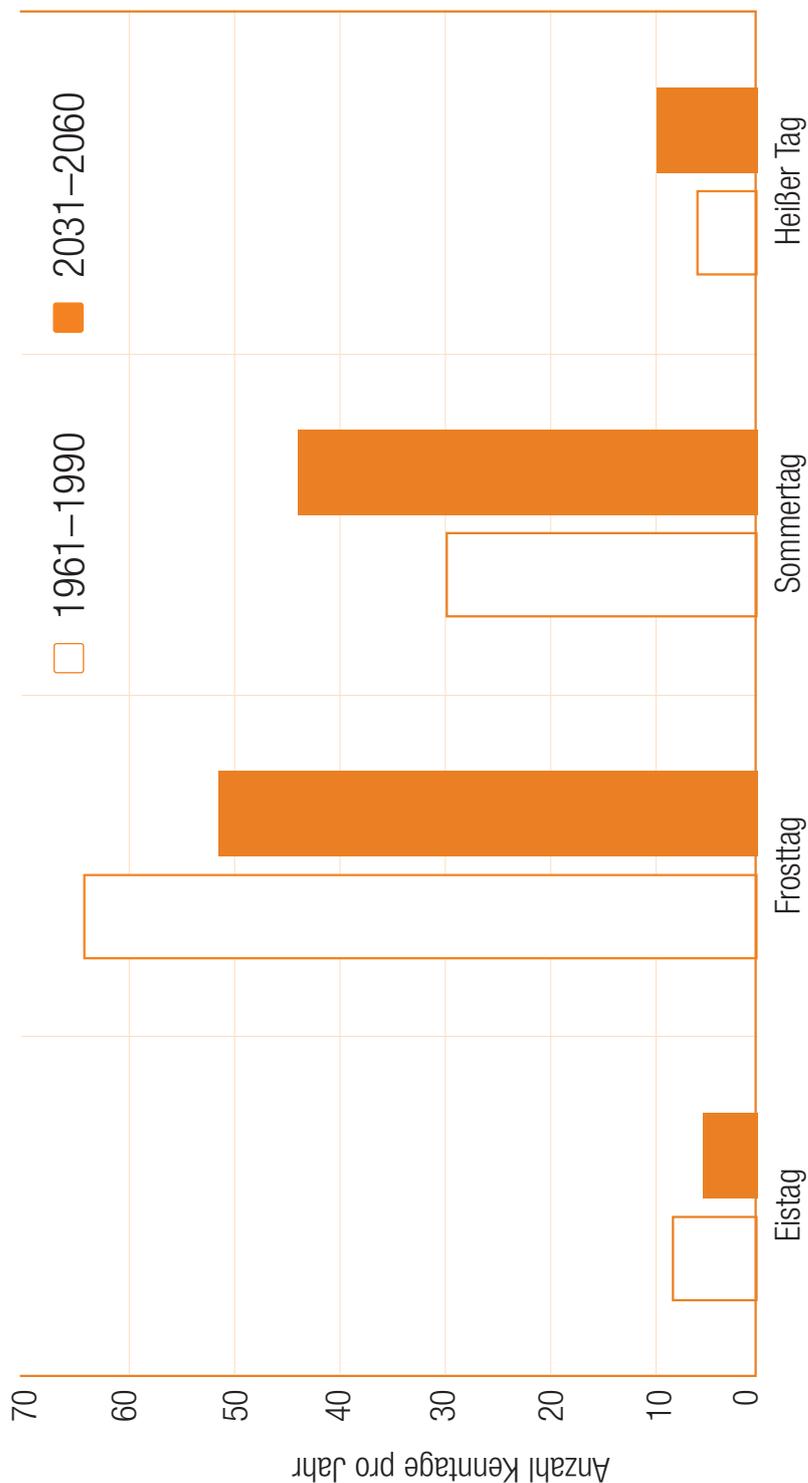
Sauerland und Weserbergland



■ Monatstemperatur □ Monatsniederschläge

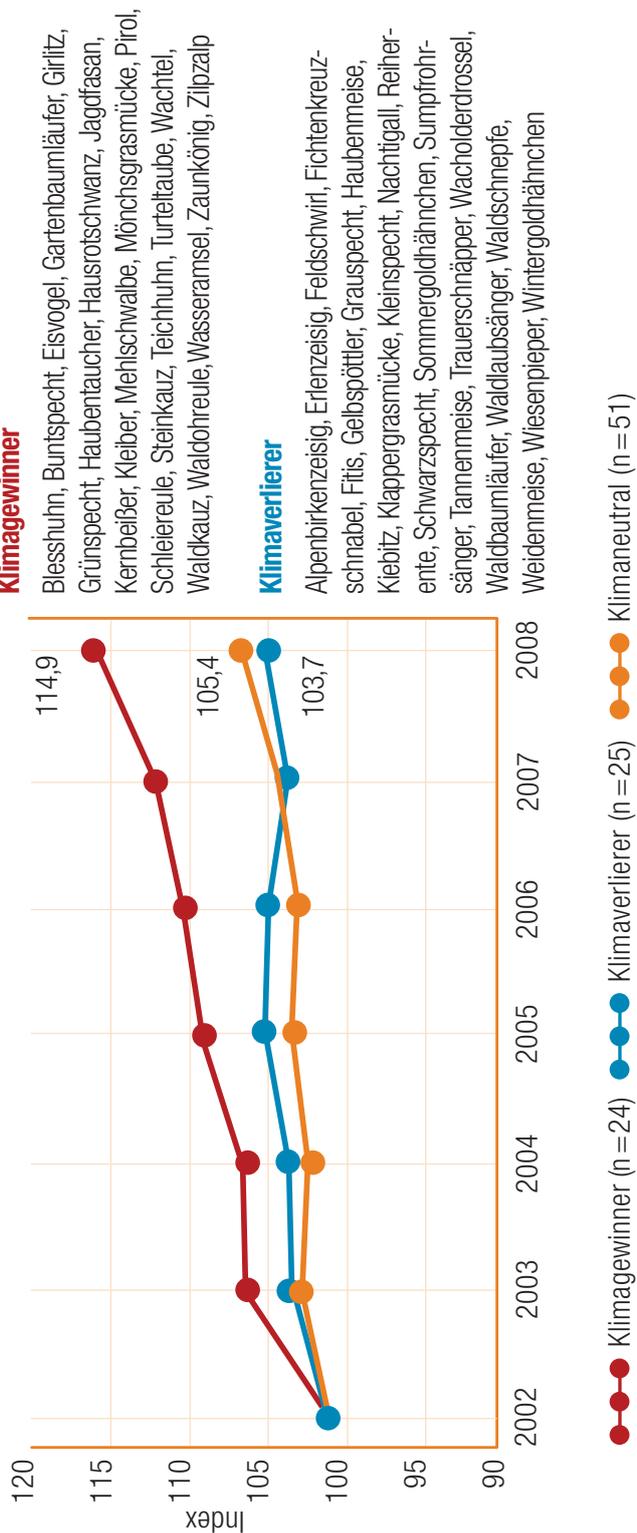
Grafik 41

Kenntage am Beispiel Westfälische Bucht



Grafik 42

Klimagewinner, Klimaverlierer

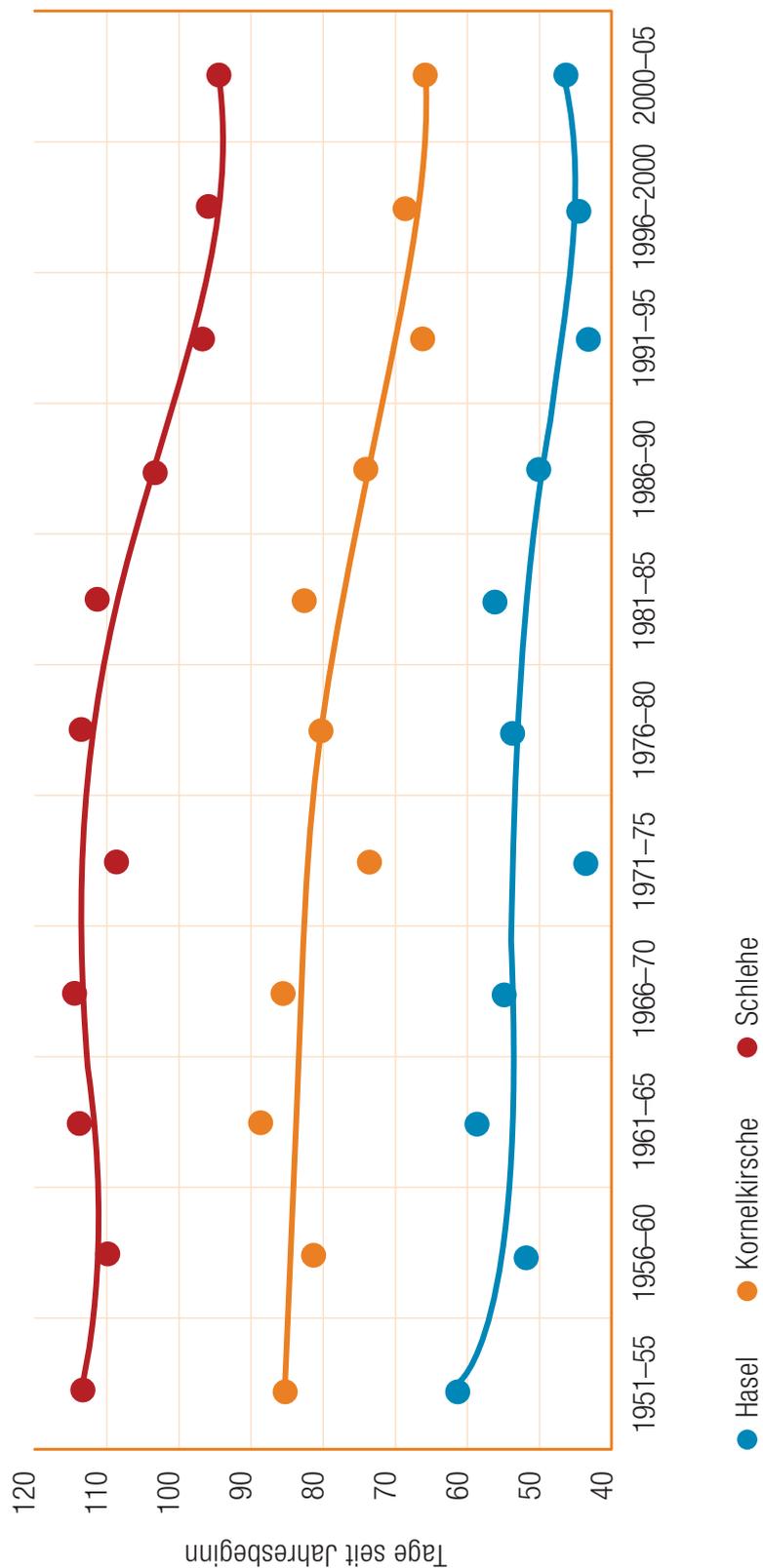


Grafik 45

FOLIE



Blütezeitpunkt verschiedener Sträucher

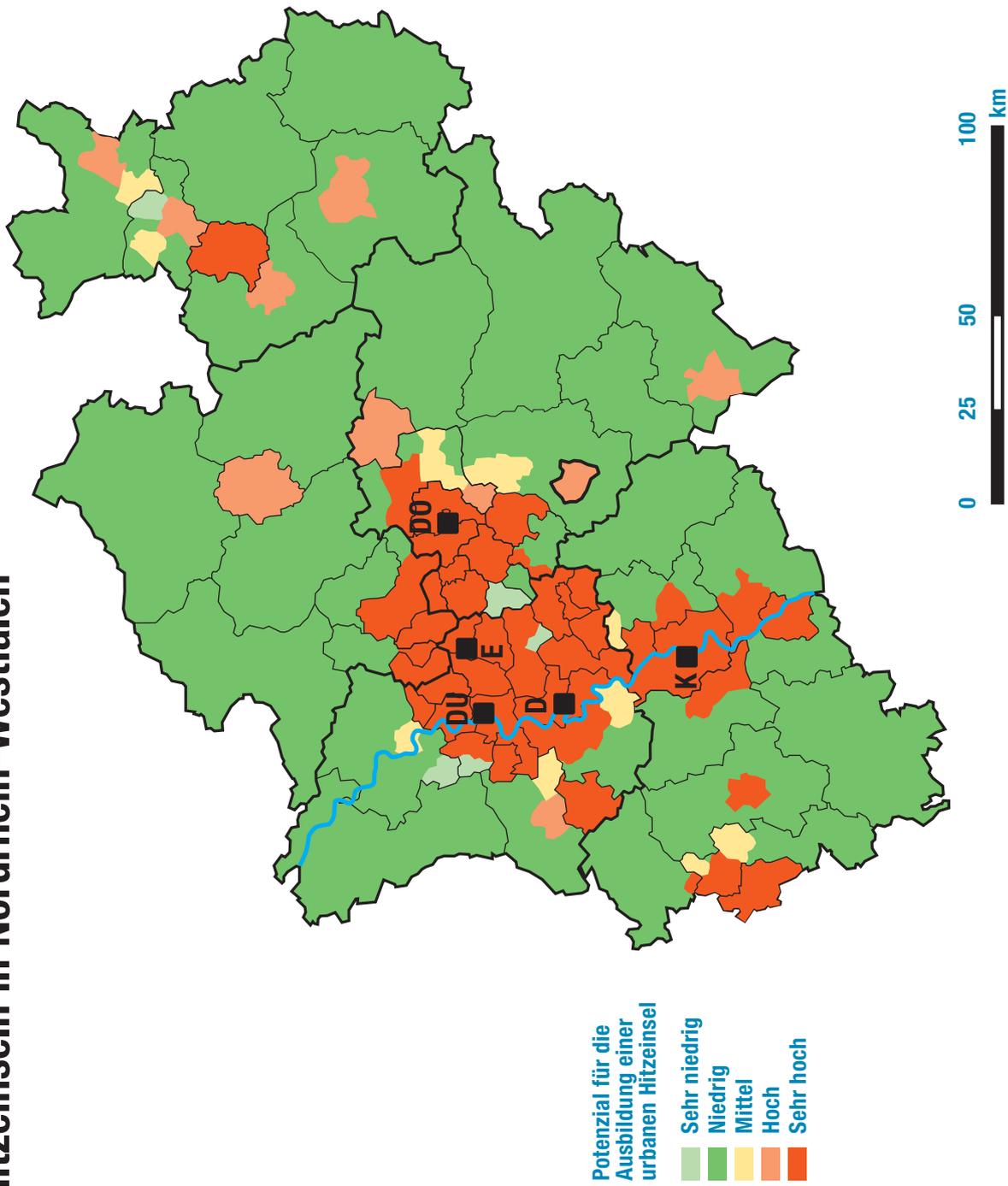


Grafik 46

FOLIE

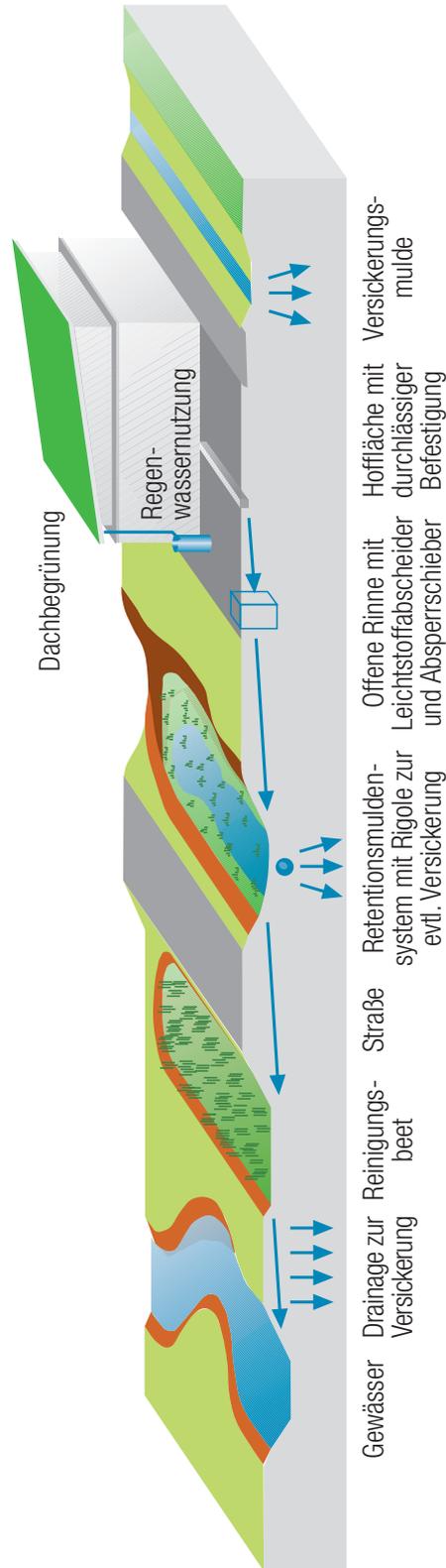


Hitzeinseln in Nordrhein-Westfalen



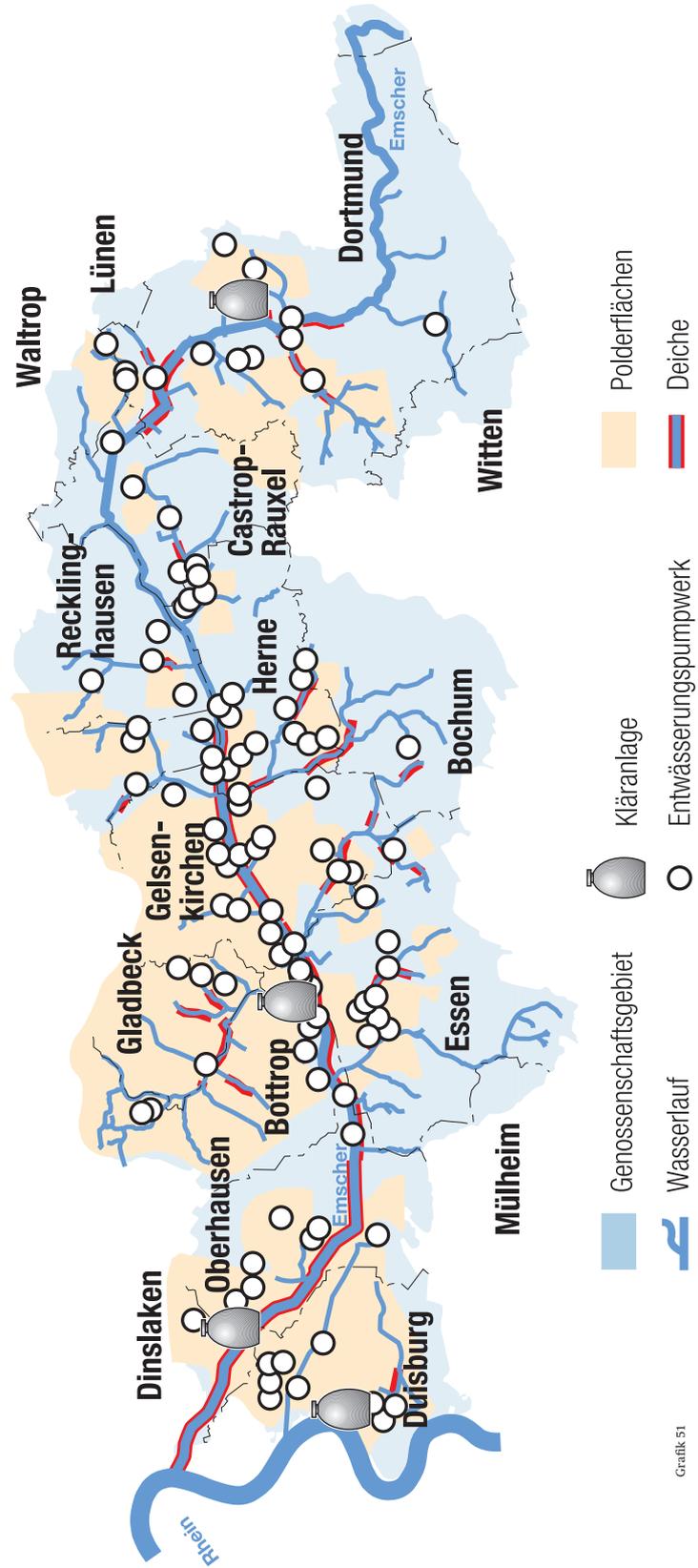
Grafik 49

Dezentrales Regenwassermanagement



Grafik 50

Hochwasserschutz an der Emscher



Gratik 51

FOLIE



Begradigte Emscher versus renaturiertes Flusstück



Die alte Emscher in ihrem ausgebauten Bett

Abbildung 95



Der Deininghauser Bach – ein renaturiertes Fließgewässer im Emschersystem

Abbildung 96

FOLIE



4.10

Hochwasser im Gelände: Pöppinghauser Bogen



Abbildung 97

FOLIE



Hochwasser im Gelände: Pöppinghauser Bogen – Planung



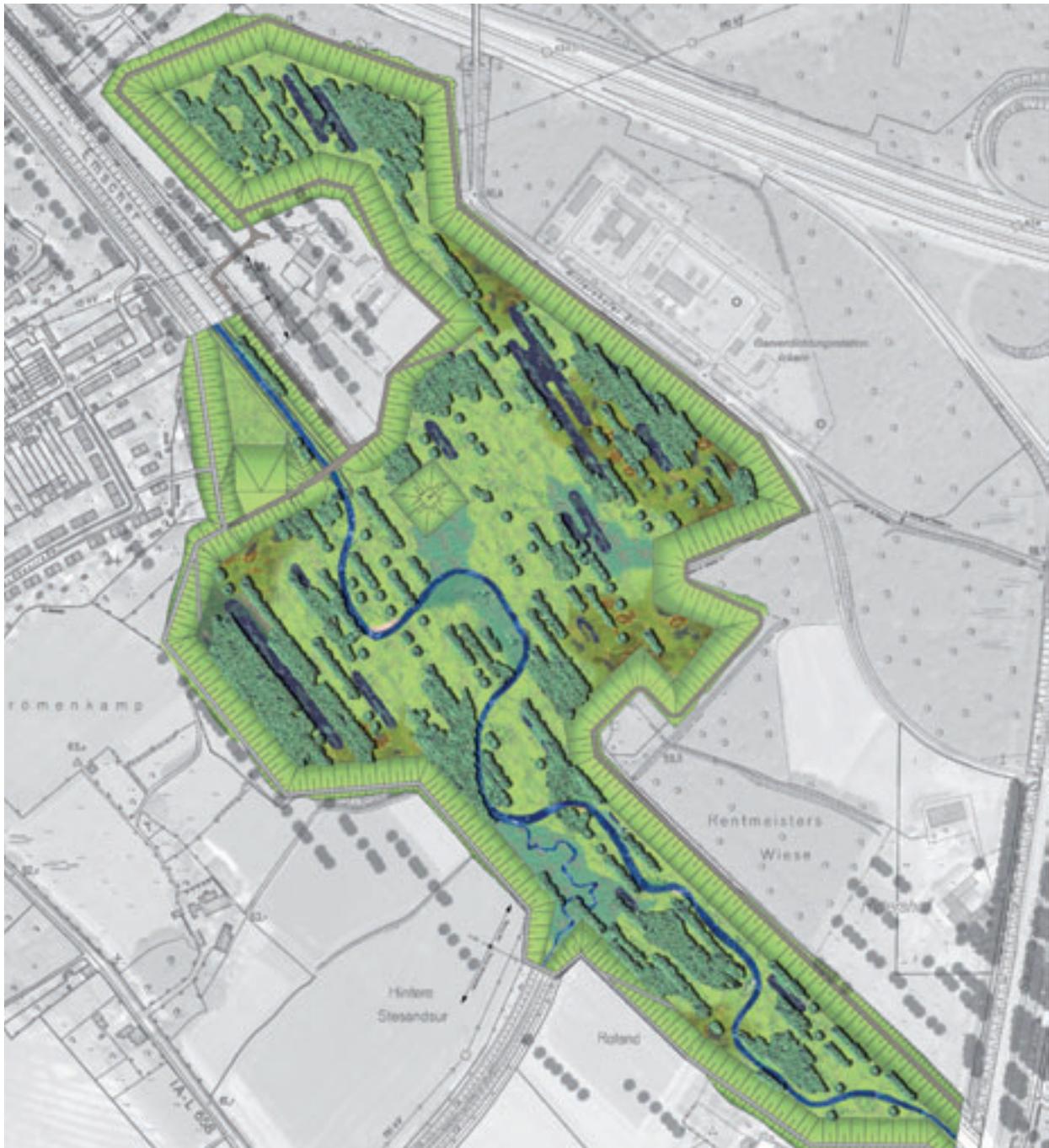
Grafik 52



FOLIE



Hochwasserrückhaltebecken Dortmund-Mengede/Castrop-Rauxel-Ickern



Grafik 53

Was kann der Einzelne tun?

5

› Klimawandel geht uns alle an | 154



Abbildung 117

Klimawandel geht uns alle an

Die Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel muss nicht nur durch die Politik und Unternehmen erfolgen. Jeder Einzelne von uns kann seinen Teil dazu beitragen. Kein Beitrag – und sei er noch so klein – ist dabei unwichtig.

Ein klimabewusstes Leben zu führen, gelingt nicht immer ganz einfach. Denn es gibt wirklich sehr viele Punkte, an denen ein verantwortungsvoller Umgang mit unserer Umwelt ansetzen kann. Das fängt gleich nach dem Aufstehen an: Wie lange steht man unter der heißen Dusche? Wie viele Liter Wasser müssen dabei erhitzt werden? Isst man das Brötchen zum Frühstück mit Salami oder mit Marmelade? Allein der Verzicht auf eine fleischhaltige Ernährung senkt den Kohlenstoffdioxidverbrauch pro Kopf und Jahr um 26 Prozent.

Weiter geht es im Tagesablauf: Mit welchem Fortbewegungsmittel fährt man zur Schule? Für unser Klima ist es am besten, wir gehen zu Fuß oder nehmen das Fahrrad. Wenn man nur 60-mal pro Jahr fünf Kilometer mit dem Fahrrad statt mit dem Auto fährt, lassen sich pro Kopf und Jahr 75 Kilogramm Kohlenstoffdioxidausstoß vermeiden. Das ist eine ganz stattliche Menge. Aber es gibt noch

viele andere Punkte, bei denen ein Nachdenken lohnt: Wie lange läuft zu Hause der Fernseher, der Computer oder die Musikanlage? Ist die Heizung voll aufgedreht und gleichzeitig das Fenster geöffnet? Wie viel Energie verbrauchen die Geräte im Haushalt wie Waschmaschinen oder Kühlschränke? An all diesen Punkten setzt ein klimabewusstes Leben an.

Hier kann jeder Einzelne allein oder mit Freunden und der Familie seinen Beitrag leisten. Auch zusammen mit der ganzen Klasse oder der gesamten Schule kann man spannende Projekte planen. Dazu sollen die folgenden Arbeitsblätter Anregungen geben.

- › Mobilität und Klimawandel
- › Meine persönliche Kohlenstoffdioxidbilanz
- › Mein persönlicher Kohlenstoffdioxiddiätplan
- › Regen auf richtigen Wegen
- › Klimakonferenz an der Schule



Abbildung 118



Abbildung 119



Abbildung 120



Abbildung 121

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Mein Kohlenstoffdioxiddiätplan



Es gibt viele Bereiche, in denen jeder Einzelne bewusst mit seinem Kohlenstoffdioxidverbrauch umgehen kann: Welche Verkehrsmittel nutzen wir – Auto, U-Bahn oder Fahrrad? Welche Lebensmittel kaufen wir – sind unsere Tomaten aus der Region oder kommen sie mit dem Flugzeug aus dem Ausland? Wie heizen wir unsere Häuser? Wie lange duschen wir? Die Liste ist unendlich lang ...

Einsparungspotenzial von Kohlenstoffdioxid pro Kopf und Jahr

Acht Päckchen weniger Butter pro Jahr essen	- 48 kg
Bevorzugung von regionaler Ware, Verzicht auf Flugimporte	- 18 kg
Bevorzugung saisonaler Ware, Verzicht auf Gewächshausgemüse	- 83 kg
Ernährung mit 100 Prozent Bioprodukten	- 99 kg
Verringerung des Fleischkonsums um 20 Prozent (zweimal pro Woche vegetarisch)	- 99 kg
Umstellen auf vegetarische Ernährung	- 429 kg
Ein Jahr lang täglich einen Liter Milch und ein Ei aus biologischer statt konventioneller Herstellung	- 27 kg
T-Shirts aus ökologischer statt konventioneller Baumwolle	- 118 kg
Zehn Pakete Druckerpapier (à 500 Blatt) aus Recycling- statt chlorgebleichtem Papier	- 15 kg
Einmal pro Woche ohne Vorwäsche waschen, 40 statt 95 Grad Celsius	- 57 kg
Einmal pro Woche statt mit dem Wäschetrockner die Wäsche im Freien trocknen	- 112 kg
Fernseher und DVD-Player ein Jahr ohne Stand-by-Funktion/ausschalten nach Gebrauch	- 87 kg
Drei Energiesparlampen mit 20 Watt statt drei Glühbirnen mit 75 Watt (bei täglich drei Stunden Brenndauer)	- 117 kg
Täglich fünf statt zehn Minuten warm duschen bei 40 Grad Celsius (mit Gas-Durchlauferhitzer)	- 285 kg
Die Fassade eines Einfamilienhauses, Jahrgang 1955, dämmen	- 1 380 kg
Einmal täglich eine Minute bei einem Elektrospeicher mit kaltem statt mit warmem Wasser Hände waschen	- 70 kg
60-mal im Jahr fünf Kilometer mit dem Fahrrad statt mit dem Auto fahren	- 75 kg
Einen Hin- und Rückflug Berlin–Stuttgart durch eine Bahnfahrt ersetzen	- 248 kg
Auf einen Flug nach Teneriffa verzichten	- 1 740 kg
Optimaler Reifendruck beim Auto auf 2 000 Kilometer Autobahnfahrt	- 100 kg

Tabelle nach: Pendos CO₂-Zähler, © 2007 Pendo Verlag in der Piper Verlag GmbH, München und Zürich

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Projektanregung: Regen auf richtigen Wegen



Ein wichtiger regionaler Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel ist der richtige Umgang mit Regenwasser. Hier empfiehlt es sich, jetzt schon Überlegungen anzustellen und umzusetzen, die helfen, mit den Folgen des Klimawandels besser umzugehen. Denn bei den wahrscheinlich zu erwartenden Starkregenereignissen gilt: Je weniger Regenwasser die Kanalisation aufnehmen muss, umso eher lassen sich Hochwasser vermeiden.



Dabei zählt vor allem das Engagement des Einzelnen: So ist beispielsweise das Auffangen von Regenwasser von Hausdächern über Dachrinnen in Regenfässern eine althergebrachte und wirkungsvolle Maßnahme der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. Denn beim anschließenden Bewässern des Gartens gelangt das Wasser, das ansonsten während des Regenschauers die Kanalisation belastet hätte, über den Boden wieder in den natürlichen Kreislauf zurück.

Noch entscheidender aber ist das sogenannte Abkoppeln von großen versiegelten Flächen, wie zum Beispiel von Schulhöfen oder auch Parkplätzen, von der öffentlichen Kanalisation. Hier treffen bei Regen große Wassermengen auf, die im Falle eines weit über dem Durchschnitt liegenden Starkregens in der Kanalisation unter Umständen »das Fass zum Überlaufen bringen« können. Damit zählt heute schon jeder Quadratmeter Fläche, der nicht in die Kanalisation entwässert wird. Abhilfe schafft hier der naturnahe Umgang mit Regenwasser.



Abbildung 122



Abbildung 124



Abbildung 123



Abbildung 125

Durch das Entsiegeln von Flächen und das naturnahe Versickern der Regenfälle leisten wir einen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel

Name _____

Datum _____

Klasse _____

ARBEITSBLATT

Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule



5.5.1

Wenn sich eine ganze Schule auf den Weg machen will, dann kann auch die Durchführung einer Klimakonferenz an der Schule eine gute Möglichkeit sein. Klimakonferenz bedeutet: Bis zu 100 Schülerinnen und Schüler nehmen an solch einer Konferenz teil und beschäftigen sich einen Tag lang mit Fragen zum Klimawandel und Klimaschutz und vor allem mit der Frage, was der Einzelne tun kann.



Abbildung 126



Abbildung 128



Abbildung 127



Abbildung 129

Klimakonferenz an der Gesamtschule Essen-Holsterhausen am 2./3. November 2009



Eine Klimakonferenz braucht etwas mehr an Vorbereitungszeit und je nach Art der Konferenz (auch da sind verschiedene Varianten denkbar) sollte man einen erfahrenen Moderator hinzuziehen. Die Schülerinnen und Schüler sind in den unterschiedlichen Arbeitsphasen aktiv beteiligt (vor allem in immer wieder wechselnden Arbeitsgruppen) – eine reine Vortragskonferenz ist langweilig!

Wir möchten Ihnen an dieser Stelle die Klimakonferenz beschreiben, die an der Gesamtschule Holsterhausen in Essen (1000 Schülerinnen und Schüler) durchgeführt wurde. So erhalten Sie ein Beispiel für einen möglichen Ablauf.

Name _____

Datum _____

Klasse _____



5.5.2

ARBEITSBLATT | Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule

Die Klimakonferenz:



Dauer der Konferenz Ein ganzer Tag (zum Beispiel von 8.00 bis 15.00 Uhr) und gegebenenfalls ein zusätzlicher Tag mit Multivisionsshow zum Thema »Klima und Energie« an der Schule

Anzahl der

Teilnehmer Je nach Zielsetzung bis zu 100 Schülerinnen und Schüler

Alter In unserem Beispiel von Klasse 5 bis 13 (die Altersmischung funktioniert hervorragend!)

Ziele der Konferenz

- Ein Bewusstsein bei Schülerinnen und Schülern, Pädagoginnen und Pädagogen und Eltern schaffen für die Herausforderungen des Klimawandels (Was hat das mit mir zu tun?)
- Möglichkeiten zum Handeln aufzeigen
- Konkrete und beispielhafte Aktionen und Maßnahmen zum Klimaschutz an der Schule und im Privaten vorstellen und umsetzen
- Verbündete und Unterstützer finden für die Umsetzungsprozesse
- Spaß haben, Bereitschaft wecken, Verantwortung zu übernehmen, und Lust zur Gestaltung der Zukunft wecken

Ablauf der Konferenz **1. Tag:**

Multivisionsshow »Klima und Energie« des BUND (Kontakt: Die Multivision e.V. – Telefon: 040 416207-0) – Der BUND bietet eine Multivisionsshow zum Thema an (Stand: Januar 2010). In knapp einer Stunde wird ein unterhaltsamer und beeindruckender Überblick über das Thema gegeben. Die Informationen sind für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 5 bis 13 differenziert aufbereitet und gut nachvollziehbar. Den entsprechenden Raum vorausgesetzt (zum Beispiel Aula), können alle Schülerinnen und Schüler einer Schule solch einen Vortrag mit anschließender Diskussion besuchen (Dauer: jeweils eine Doppelstunde). Die Kosten betragen rund 2 000 Euro für einen ganzen Tag. Darin sind alle Kosten einschließlich der Technik enthalten. Zur Finanzierung kann man Sponsoren suchen oder Eintritt nehmen (zum Beispiel 1 bis 2 Euro pro Schülerin/Schüler). Vorteil dieser Show: Alle Schülerinnen und Schüler sind grundsätzlich über das Thema informiert!

2. Tag: Mitmachkonferenz

An solch einer Konferenz nehmen zwei bis drei Vertreter aus allen Klassen teil (zum Beispiel als Klimabotschafter ihrer Klassen). In verschiedenen Arbeitsschritten wird am Thema gearbeitet. Mehr dazu im Folgenden. Ganz wichtig: Für die Konferenz braucht man eine sehr gute Vor- und auch eine Nachbereitung, damit die Ergebnisse nicht im Aktenordner verschwinden.



Name _____

Datum _____

Klasse _____



5.5.3

ARBEITSBLATT | Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule

Die Klimakonferenz:



1. Vorbereitungsphase

Es macht Sinn, eine Arbeitsgruppe einzurichten, welche die Konferenz vorbereitet. Sie sollte aus Schülerinnen und Schülern, Pädagoginnen und Pädagogen, gegebenenfalls Eltern und vielleicht sogar Unterstützern aus dem thematischen Umfeld (zum Beispiel aus dem Umweltamt der Stadt) bestehen. Sie soll folgende Fragen in der Vorbereitung klären:

- Zielsetzung der Konferenz (Was wollen wir erreichen? Wie soll das Ergebnis aussehen? Was geschieht mit den Ergebnissen nach der Konferenz?)
- Titel und Motto der Konferenz (zum Beispiel Klimakonferenz an der Schule xy – Motto: Taten statt Warten)
- Wer kümmert sich um was? Folgende Rollen und Verantwortlichkeiten sind zu besetzen:

Hauptverantwortlicher Jemand, der sich darum kümmert, dass alle Fäden zusammengehalten werden;
»Projektleiter« er oder sie sorgt dafür, dass Vorbereitungstreffen stattfinden, dass Verabredungen eingehalten werden, letztlich, dass die Konferenz erfolgreich durchgeführt wird (das heißt nicht, dass der Hauptverantwortliche alles machen muss!).

Konferenzmoderatoren sorgen für die Moderation in der Konferenz, so dass alle Orientierung haben und wissen, was die »Arbeits«-Aufträge in der Konferenz sind; bei einer großen Konferenz sollte man sich Unterstützung von einem Profi holen (zum Beispiel vom Agenda-Forum Essen e. V.), der sich auf solche Dialogkonferenzen mit vielen Teilnehmern spezialisiert hat; gut ist auch ein Moderatorenteam aus Lehrerinnen und Lehrern sowie Schülerinnen und Schülern (erfordert aber gute Absprachen!).

»Ermöglicher« Ohne die Unterstützung der Schulleitung sollte man solch eine Konferenz nicht durchführen; die Konferenz sollte unbedingt »gewollt« sein und zu den anderen Aktivitäten der Schule passen. Manchmal sind es auch Lehrerinnen und Lehrer, Schülerinnen und Schüler sowie Eltern, die durch ihr Engagement ermöglichen, dass solch eine Konferenz vorbereitet und durchgeführt werden kann.

Projektgruppe Eine Vorbereitungs- oder Projektgruppe bereitet die Konferenz vor, überlegt die Zielsetzung und alle logistischen Einzelheiten (Wo findet es statt? Was wird gebraucht? Essen und Trinken, Poster und Plakate und so weiter); wichtig ist, dass Schülerinnen und Schüler sowie Pädagoginnen und Pädagogen gemeinsam die Vorbereitungen übernehmen.

Fachexperten Einige Experten sind nötig, die zu den verschiedenen Themen Angebote machen, zum Beispiel in Form von Arbeitsgruppen (mehr dazu weiter unten).

Logistikteam Dieses Team sorgt für Stühle, den Aufbau, es betreut die Technik, klebt Plakate ... Je mehr Teammitglieder, desto einfacher, aber natürlich muss auch alles koordiniert werden.

Name _____

Datum _____

Klasse _____



5.5.4

ARBEITSBLATT | Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule

Die Klimakonferenz:



2. Ablauf der Konferenz (eine Möglichkeit!)

Wenn der große Tag schließlich gekommen ist, alle Vorbereitungen abgeschlossen sind und die Schülerinnen und Schüler gemeinsam in der Aula sitzen, geht es los! Der folgende Ablauf kann natürlich nur im Prinzip deutlich machen, was auf solch einer Konferenz passieren kann. Unsere Erfahrungen haben gezeigt: Die Konferenz erzeugt ein hohes Maß an Energie und Lust, hinterher weiterzumachen. Außerdem finden auch viele Gespräche zwischen jüngeren und älteren Schülerinnen und Schülern statt – diese tragen dazu bei, ein Gefühl von gemeinsamer Verantwortung zu bekommen. Die Zeiten sind nur ungefähre Zeitangaben zur groben Orientierung. Pausen sind nicht extra aufgeführt, sind aber natürlich zu berücksichtigen.

Zeit in Minuten (circa) Beschreibung

1. Phase: ein erster Austausch zum Thema

- 5 Begrüßung (zum Beispiel durch die Schulleitung, das Projektteam, den Bürgermeister)
- 10 Vorstellung des Programms für den Tag
- 15 Erster Austausch: Die Meinung der Teilnehmer ist gefragt (mit Bezug zur Multivisionsshow oder einfach dem – ganz unterschiedlichen – Wissen der Schülerschaft)
Was finde ich besonders wichtig am Thema Klimaschutz?
 - | Austausch in kleinen Gesprächsgruppen (maximal zu sechst)
 - | Jede Gruppe schreibt ihre Kommentare auf Moderationskarten und einigt sich schließlich auf die drei wichtigsten Aussagen
- 10 Zwei Arbeitsgruppen treffen sich:
 - | stellen sich gegenseitig ihre Kommentare vor und einigen sich wiederum auf die drei Aussagen, die der Gruppe am wichtigsten sind
- 20 Präsentation der Karten aus allen Gruppen
 - | Ankleben der Karten zum Beispiel an Pinnwänden
 - | Stimmen/Kommentare einholen: Was ist euch in den Gesprächen aufgefallen? Gab es Unterschiede/Gemeinsamkeiten?



Name _____

Datum _____

Klasse _____



5.5.5

ARBEITSBLATT | Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule

Die Klimakonferenz:



2. Phase: Themenworkshops

15 Themenworkshops werden vorgestellt, die parallel und zweimal hintereinander durchgeführt werden zum Beispiel zu Themen wie Solarenergie, Kohlenstoffdioxidrechner, Mobilität, Klimasong (gerne auch kreative Angebote!), Heizen und Lüften et cetera.

In allen Workshops muss am Ende noch zusätzlich ein Poster ausgefüllt werden mit der Fragestellung: Was ist eure beste machbare Idee für zu Hause oder die Schule, um das Klima zu schützen?

90 1. Runde Themenworkshops

90 2. Runde Themenworkshops

3. Phase: die besten Ideen zur Umsetzung

30 Vorstellung der besten Ideen

20 Mit Punkte-Methode bewerten (jeder hat sechs Punkte zu vergeben), die Ideen »punkten«, die möglichst schnell an der Schule umgesetzt werden sollen ...

15 Zusammenzählen der Punkte und Rangliste erstellen

30 Abschlussrunde: Wie sollte es weitergehen? Erste Ideen zur Umsetzung
Ende

Nach der Konferenz kommt es dann darauf an, dass eine Arbeitsgruppe (vermutlich die Vorbereitungsgruppe) die Ergebnisse auswertet und sich überlegt, wie man anschließend die Ideen (oder einige davon) umsetzt. Noch besser ist es, wenn man eine Unterstützerguppe hat (zum Beispiel mit der Stadt oder mit Eltern), die die Schule bei der weiteren Umsetzung unterstützt.

Wenn Sie Interesse an solch einer Konferenz haben – ohne persönliche Gespräche geht es nicht –, dann nehmen Sie gerne Kontakt zu uns auf:

Emschergenossenschaft/Lippeverband, Astrid Keune | keune.astrid@eglv.de
oder:

Agenda-Forum Essen e.V., Axel Jürgens

Steubenstr. 64, 45138 Essen

Telefon: 0201 287557

www.agenda-forum-essen.de

axel.juergens@agenda-forum-essen.de



Anhang

- › Emschergenossenschaft und Lippeverband – ein Kurzporträt | 170
- › Außerschulische Aktivitäten mit Emschergenossenschaft und Lippeverband | 171
- › Ausbildungsmöglichkeiten bei Emschergenossenschaft und Lippeverband | 174
- › Medienauswahl | 175
- › Glossar | 176
- › Zuordnung der prozessbezogenen Kompetenzen in den Arbeitsblättern | 183
- › Abbildungs-, Grafik- und Literaturverzeichnis | 193
- › Impressum | 203

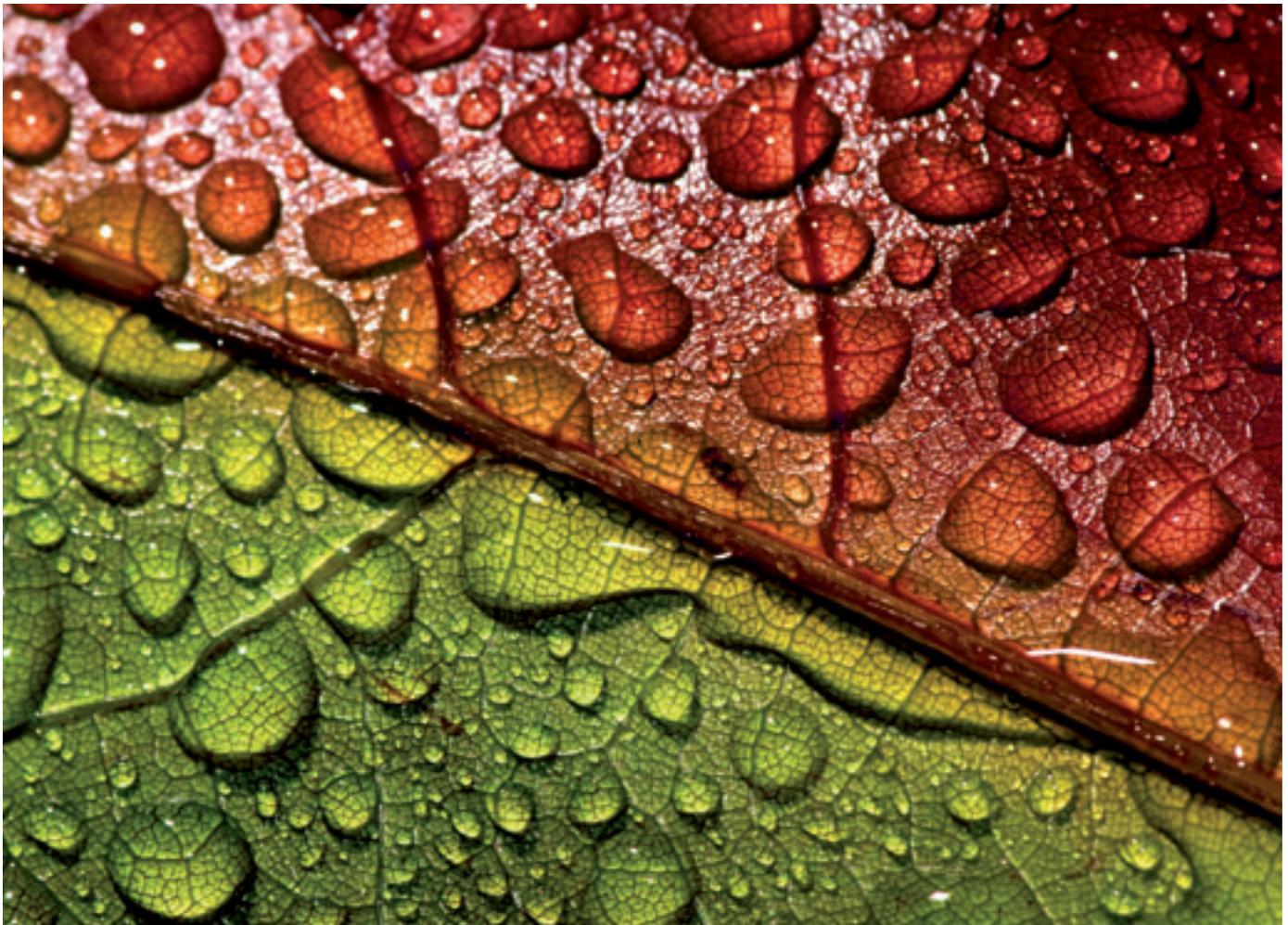


Abbildung 130

Emschergenossenschaft und Lippeverband – ein Kurzporträt



Abbildung 131



Abbildung 132

Emschergenossenschaft und Lippeverband sind gemeinsam der größte und älteste Wasserwirtschaftsverband in Deutschland. Die Emschergenossenschaft wurde 1899 von Kommunen, Bergbau und Industrie ins Leben gerufen. Der Lippeverband wurde 1926 gegründet. Zu den vielfältigen Aufgaben gehören der Hochwasserschutz, die Regelung des Wasserabflusses von Emscher und Lippe sowie deren Nebenläufen, die Gewässerunterhaltung, die Regelung des Grundwasserstands, der naturnahe Umbau von Gewässern, die Abwasserreinigung und die Entsorgung der dabei anfallenden Abfälle. Weitere Bereiche sind die Freizeitnutzung von Fließgewässern und die Bereitstellung von Brauchwasser.

Darüber hinaus wandelt sich die Emscher-Region: Wo einst übelriechende Abwasserkanäle die Lebensqualität beeinträchtigten, wird die umgebaute Emscher bald die ganze Region verändern. Das Generationenprojekt Emscher-Umbau wird das Ruhrgebiet prägen. Auch der Lippeverband setzt sich – zusammen mit dem Land Nordrhein-Westfalen – mit dem Lippeauenprogramm für eine Verbesserung und Wiederherstellung eines intakten Flussauen-Ökosystems ein. Um diese Aufgaben erfüllen zu können, planen, bauen und betreiben Emschergenossenschaft und Lippeverband die dafür notwendigen Anlagen. Hierzu gehören beispielsweise Kläranlagen, Pumpwerke, Deiche, Abwasserkanäle, Fließgewässer sowie Hochwasser- oder Regenrückhaltebecken. Emschergenossenschaft und Lippeverband sind Körperschaften des öffentlichen Rechts mit Selbstverwaltung. Sie arbei-

ten in gesetzlichem Auftrag. Zwischen beiden Wasserwirtschaftsverbänden besteht eine Verwaltungsgemeinschaft.

Zwei große Einzugsgebiete

Das Einzugsgebiet der Emschergenossenschaft umfasst die Kernzone des rheinisch-westfälischen Industriegebiets mit den Großstädten Bochum, Bottrop, Castrop-Rauxel, Dortmund, Duisburg, Essen, Gelsenkirchen, Gladbeck, Herne, Herten, Oberhausen und Recklinghausen. Auf dieser Fläche von 865 Quadratkilometern leben rund 2,3 Millionen Einwohner.

Das Einzugsgebiet des Lippeverbands ist eher landwirtschaftlich geprägt und umfasst 3 280 Quadratkilometer zwischen Lippetal-Lippborg und der Lippe-mündung bei Wesel, wo die Lippe in den Rhein fließt. Das Verbandsgebiet erstreckt sich zwischen Coesfeld, Ahlen, Soest, Dortmund, Duisburg und Wesel. Hier leben rund 1,4 Millionen Einwohner. Die Emschergenossenschaft ist innerhalb ihres Gebiets für circa 343 Kilometer Gewässer zuständig, der Lippeverband für 409 Kilometer. Das schließt die Haupt- und die Nebenläufe ein.

Die Mitglieder

Als selbst verwaltete Körperschaften des öffentlichen Rechts werden die beiden Verbände durch ihre Mitglieder – Städte, Wirtschaft und Bergbau – getragen und finanziert. Über die jährlichen Versammlungen und die Verbandsräte wirken die Mitglieder bei der Meinungsbildung und den Entscheidungen mit.

Außerschulische Aktivitäten mit Emschergenossenschaft und Lippeverband

Für die Schülerinnen und Schüler ist es nicht nur lehrreich, sondern auch spannend, das, was sie im Unterricht gelernt haben, in der Wirklichkeit anschauen und erleben zu können.

Deshalb bieten wir – Emschergenossenschaft und Lippeverband – Ihnen die Möglichkeit, die Unterrichtsinhalte durch Besuche unserer Anlagen oder Bäche und Flüsse vor Ort mit Ihren Schülerinnen und Schülern zu ergänzen. So lassen sich Theorie und Praxis auf interessante Weise miteinander verbinden.



Abbildung 133

Exkursion: Besichtigung von Kläranlagen

Der Kläranlagenbesuch ist in zwei Einheiten unterteilt. Eine theoretische Einführung durch einen Mitarbeiter der Kläranlage gibt den Schülerinnen und Schülern Einblicke in die Zusammenhänge wasserwirtschaftlicher Aufgaben. Anschließend folgt ein Rundgang über das Gelände der Kläranlage, auf dem die Schülerinnen und Schüler das zuvor erworbene theoretische Wissen im praktischen Betrieb nachvollziehen können.

Vorgesehene Altersgruppe Sekundarstufe I und II

Aus Sicherheitsgründen können Kinder und Jugendliche zwischen neun und 18 Jahren nur mit volljährigen Begleitpersonen die Anlagen besuchen. Bis acht Besucher: eine Begleitperson. Bis 16 Besucher: zwei Begleitpersonen. Bis 24 Besucher: drei Begleitpersonen. Über 24 bis maximal 35 Besucher: vier Begleitpersonen. Wir wissen, dass es oft schwierig ist, andere Lehrerinnen und Lehrer aus dem laufenden Schulunterricht herauszunehmen und als Begleitpersonen einzusetzen. Unser Tipp: Wenden Sie sich an die Eltern der Kinder, um sie als Begleitpersonen zu gewinnen.

Zu beachten: Festes Schuhwerk und entsprechende wetterfeste Bekleidung sind nötig.

Termine: von dienstags bis donnerstags nach Vereinbarung

Dauer: circa 1,5 bis zwei Stunden

Ort: Emschergenossenschaft und Lippeverband betreiben gemeinsam 58 Kläranlagen (Stand: Dezember 2009) an verschiedenen Standorten. Welche Kläranlage in Ihrer Nähe für eine Besichtigung geeignet ist, erfahren Sie bei der Emschergenossenschaft und dem Lippeverband.

Kosten: keine

Organisationsbedarf Schule: Begleitpersonal und eigene Anreise

Anmeldung: Marc Franke
Öffentlichkeitsarbeit
Telefon: 0201 104-2630
E-Mail: franke.marc@eglv.de



Abbildung 134

Exkursion: Besichtigung von Pumpwerken

Die Schülerinnen und Schüler erfahren, weshalb es notwendig ist, im Verbandsgebiet von Emschergenossenschaft und Lippeverband Pumpwerke zu betreiben. Sie erhalten Informationen zur Funktionsweise des Pumpwerks sowie zur Größe und geografischen Beschaffenheit des jeweiligen Einzugsgebiets. Außerdem bekommen sie Einblicke in geschichtliche Zusammenhänge zwischen industrieller Entwicklung und deren wasserwirtschaftlichen Konsequenzen.

Vorgesehene Altersgruppe:

Sekundarstufe I und II
Die Altersbeschränkungen und die Anzahl der notwendigen Begleitpersonen entnehmen Sie bitte dem Punkt »Besichtigung von Kläranlagen«.

Zu beachten: Festes Schuhwerk ist nötig.

Termine: nach Vereinbarung

Dauer: eine bis 1,5 Stunden

Ort: Die Öffentlichkeitsarbeit teilt Ihnen mit, welches Pumpwerk sich in Schulanähe befindet und zu besichtigen ist.

Kosten: keine

Organisationsbedarf Schule:

Begleitpersonal und eigene Anreise

Anmeldung: Marc Franke

Öffentlichkeitsarbeit

Telefon: 0201 104-2630

E-Mail: franke.marc@eglv.de



Abbildung 135

Exkursionen zu renaturierten Bachläufen

Auf einem Spaziergang entlang eines renaturierten Bachlaufs werden die Schülerinnen und Schüler über das Gewässer und seinen Umbau informiert. Vor Ort können sie in der Praxis überprüfen, was sie zuvor über den Fließgewässerumbau, den Hochwasserschutz und die Lebensbedingungen für Pflanzen und Tiere an Fließgewässern gelernt haben.

Vorgesehene Altersgruppe:

Sekundarstufe I und II

Die Altersbeschränkungen und die Anzahl der notwendigen Begleitpersonen entnehmen Sie bitte dem Punkt »Besichtigung von Kläranlagen«.

Zu beachten: Festes Schuhwerk und entsprechende wetterfeste Bekleidung sind nötig.

Termine: nach Vereinbarung

Dauer: nach Vereinbarung

Ort: nach Vereinbarung

Kosten: keine

Organisationsbedarf Schule:

Begleitpersonal und eigene Anreise

Anmeldung: Marc Franke

Öffentlichkeitsarbeit

Telefon: 0201 104-2630

E-Mail: franke.marc@eglv.de



Abbildung 136



Abbildung 137



Abbildung 138

Bachpatenschaften

Bachpatenschaften können von Schulen bzw. Schulklassen an den renaturierten Fließgewässern der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands übernommen werden. Sie tragen dazu bei, dass die Schülerinnen und Schüler

- den ökologischen Wert eines Fließgewässers als Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie als Erholungsraum für die Menschen erkennen,
- mit allen Sinnen den Lebensraum Bach oder Fluss wahrnehmen und
- Verantwortung für ihre Umwelt übernehmen.

In einer gemeinsamen Vereinbarung (Bachpatenvertrag) werden die zu übernehmenden Aufgaben des Bachpaten sowie die weiteren zu beachtenden Punkte an dem betroffenen Fließgewässerabschnitt geregelt. Anfallende Aufgaben wären zum Beispiel das Beobachten des Gewässers, die Entnahme von Wasserproben aus dem entsprechenden Bachlauf zur Feststellung von Inhaltsstoffen, das Säubern des Gewässers und seiner Ufer sowie die Pflege der Bepflanzung. Auf unserer Internetseite finden Sie weitere Informationen zum Thema und können die beiden Bachpatenverträge der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands einsehen unter der Internetadresse: www.eglv.de/wasserportal/bildungsarbeit/wasseraktivitaeten/bachpatenschaften.html. Selbstverständlich erhalten Sie darüber hinaus auch gerne fachkundige Unterstützung von uns.

Vorgesehene Altersgruppe:

Sekundarstufe I und II

Zu beachten: Die Übernahme einer Bachpatenschaft wird durch einen Vertrag geregelt, der die Aufgaben der Schulklasse festlegt. Die Schule muss einen Ansprechpartner nennen, der den Kontakt zu Emschergenossenschaft und Lippeverband hält.

Dauer: nach Vereinbarung

Ort: In Absprache mit der Stabsstelle Emscher-Zukunft wird ein geeigneter Bachabschnitt ausgesucht, der möglichst in der Umgebung der Schule liegt.

Kosten: keine

Organisationsbedarf Schule:

Begleitpersonal und eigene Anreise

Anmeldung:

Astrid Keune

Stabsstelle Emscher-Zukunft

Telefon: 0201 104-2320

E-Mail: keune.astrid@eglv.de

Bitte beachten Sie, dass Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler ohne Erlaubnis der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands keine umzäunten Bachabschnitte oder Anlagengelände betreten dürfen. Hier bestehen verschiedene Gefahren, wie zum Beispiel Verletzungsgefahr bei sich eigenständig bewegenden Anlagen, Rutschgefahr an steilen Grasböschungen und die Gefahr des Ertrinkens in den mit Betonsohlschalen ausgekleideten offenen Abwasserläufen. Ein rot umrandetes Schild am Bach mit dem Hinweis »Lebensgefahr!« macht an den betroffenen Fließgewässerabschnitten darauf aufmerksam.

Ausbildungsmöglichkeiten bei Emscher- genossenschaft und Lippeverband



Abbildung 139



Abbildung 140



Abbildung 141

Emschergenossenschaft und Lippeverband bilden in folgenden Berufen aus:

- ! Bauzeichner/-in
für Tief-, Straßen- und Landschaftsbau
- ! Bürokauffrau/-mann
- ! Kauffrau/-mann für Bürokommunikation
- ! Elektroniker/-in für Betriebstechnik
- ! Fachinformatiker/-in für Systemintegration
- ! Fachkraft für Abwassertechnik
- ! Industriemechaniker/-in – Instandhaltung
- ! Mechatroniker/-in
- ! Tischler/-in
- ! Vermessungstechniker/-in
- ! Wasserbauer/-in

Als Ansprechpartner zu den Ausbildungsmöglichkeiten bei den beiden Wasserwirtschaftsverbänden steht Ihnen gerne die Ausbildungsleiterin Petra Stember, Personalabteilung, Telefon 0201 104-2716, zur Verfügung.

Unter der Internetadresse www.madebyazubis.de finden Sie ebenfalls Bewerbungs- und Ausbildungsinformationen zu unserem Haus.

Medienauswahl

Es macht einfach Spaß, zu sehen, wie die Schülerinnen und Schüler mitmachen, sobald es konkret und anschaulich wird. Sie sind also herzlich eingeladen, die vielfältigen Materialien zu nutzen, die wir bisher entwickelt haben:

- Flyer, Broschüren und Veröffentlichungen zu verschiedenen Aufgabenbereichen, Betriebsanlagen und Projekten von Emschergenossenschaft und Lippeverband sind auf unserer Internetseite www.eglv.de/wasserportal/meta/services/infomaterial.html zu bestellen.
- Mehrere Tausend Töne, Interviews, Fotos, Videos et cetera sind im Tonarchiv unter www.emscherplayer.de anzuhören und anzusehen.

Bei der weiteren Suche nach Medien und Kontakten sind wir Ihnen gern behilflich. Wenden Sie sich dazu bitte an die Öffentlichkeitsarbeit, Telefon 0201 104-2630.

Glossar A bis E

- Adaptation** Vom lateinischen »adaptare« für »anpassen«. Bezeichnet Anpassungsstrategien, die die negativen Auswirkungen des Klimawandels minimieren. Beispielhaft hierfür ist unter anderem die Erhöhung von Küstendeichen.
- Albedo** Der Anteil der Sonnenstrahlung, der von einer Oberfläche reflektiert wird. Schneebedeckte, helle Flächen und Wolken haben eine hohe Albedo, pflanzenbedeckte, dunkle Flächen und Ozeane haben eine geringe Albedo. Der Begriff leitet sich vom lateinischen Wort »albus« für »weiß« ab.
- Atmosphäre** Gasförmige Schutzhülle der Erde. Sie besteht zum überwiegenden Teil aus Stickstoff (rund 78 Prozent), aus Sauerstoff (rund 21 Prozent) und einer Anzahl von Spurengasen, die in sehr geringen Mengen vorkommen (unter anderem Argon, Kohlenstoffdioxid, Methan, Ozon). Zusätzlich enthält sie Wasserdampf, dessen Menge stark schwankt, sowie feste oder flüssige Partikel (Aerosole).
- Atmosphärisches Fenster** Als atmosphärisches Fenster wird ein Wellenlängenintervall des elektromagnetischen Strahlungsspektrums bezeichnet, für das die Atmosphäre der Erde durchlässig ist.
- Biomasse** Zur Biomasse zählen Holz, Bioabfälle, Mais, Raps, Gülle und andere Stoffe pflanzlicher oder tierischer Herkunft. Durch ihre Verbrennung können Wärme oder Strom erzeugt werden. Biomasse gilt als »» *regenerative Energie*.
- Biosphäre** Unter dem Begriff Biosphäre wird die Gesamtheit der lebenden organischen Substanzen, Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen – zu Lande und zu Wasser – und auch wir Menschen, verstanden.
- Co-Vergärung** Faulähnliche Abfälle aus Industrie und Gewerbe lassen sich zusammen mit Klärschlamm verarbeiten. Bei der Vergärung entsteht Methan, das durch Verbrennung energetisch genutzt wird.
- Corioliskraft** Aufgrund der Erdrotation bewegen sich die Luft- und Wassermassen auf der Erde in einem rotierenden System. Dies bewirkt auf der Nordhalbkugel eine Ablenkung der Luftmassen nach rechts, was die Drehrichtung von Hoch- und Tiefdruckgebieten bestimmt.
- ECCP** Auf europäischer Ebene regelt das Europäische Programm für Klimaschutz (European Climatic Change Programme) von 2000 die Umsetzung der im Kyoto-Protokoll eingegangenen Verpflichtungen.

Glossar E bis G

Emissionen	Abgabe von Substanzen, zum Beispiel von Gasen, an die Umwelt.
Emissionsrechtehandel	Der Emissionsrechtehandel ist ein Instrument der Umweltpolitik mit dem Ziel, Schadstoffemissionen mit möglichst niedrigen volkswirtschaftlichen Kosten zu verringern. In der Europäischen Union wurde der EU-Emissionsrechtehandel für Kohlenstoffdioxidemissionen 2005 gesetzlich eingeführt.
Erdmittelalter	Dauerte von circa 251 Millionen Jahren bis 65 Millionen Jahre vor unserer Zeit.
Erdneuzeit	Begann vor circa 65 Millionen Jahren und dauert bis heute.
Erneuerbare Energien	Auch »» <i>regenerative Energien</i> genannt.
Extremwetterereignis	Ein extremes Wetterereignis ist ein Ereignis, das an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Jahreszeit eher selten ist. Dies variiert von Ort zu Ort. Daher können auch einzelne Extremwetterereignisse nicht einfach und direkt dem Klimawandel zugeordnet werden, da immer die Möglichkeit besteht, dass dieses Ereignis auch auf natürlichem Wege eintritt.
Fließgewässer	Als Fließgewässer bezeichnet man alle fließenden Oberflächengewässer (Bach, Fluss, Strom) des Binnenlands mit ständig oder zeitweilig fließendem Wasser.
Fossile Energieträger	Werden aus fossilen Brennstoffen gewonnen, die wie Braunkohle, Steinkohle, Torf, Erdgas und Erdöl in geologischer Vorzeit aus Abbauprodukten von toten Pflanzen und Tieren entstanden sind. Diese Brennstoffe bezeichnet man daher als fossile Energieträger.
Fotosynthese	Bezeichnet die Erzeugung von energiereichen Stoffen aus energieärmeren Stoffen mit Hilfe von Lichtenergie. Sie wird von Pflanzen sowie verschiedenen Algen- und Bakteriengruppen betrieben.
Gewässerrenaturierung	Unter Renaturierung versteht man die Wiederherstellung von naturnahen Lebensräumen, zum Beispiel aus begrädigten Flüssen. Bei der Renaturierung von Bächen und Flüssen wird versucht, das ursprüngliche, nicht begrädigte Flussbett wiederherzustellen, die Strömungsgeschwindigkeit und damit die Überschwemmungsgefahr zu reduzieren sowie heimische Tier- und Pflanzenarten wiederanzusiedeln. Aktuell finden Renaturierungen an der Emscher und an der Lippe statt.

Glossar G bis K

Globale Erwärmung	Unter globaler Erwärmung versteht man den während der vergangenen Jahrzehnte beobachteten allmählichen Anstieg der Durchschnittstemperatur der erdnahen Atmosphäre und der Meere sowie die künftig erwartete zunehmende Erwärmung.
Hochdruckgebiet	Gebiet, in dem – im Vergleich zur Umgebung – hoher Luftdruck herrscht.
Hochwasser	Als Hochwasser wird der Zustand bei Gewässern bezeichnet, bei dem der Wasserstand deutlich über dem normalen Pegelstand liegt. Dabei ist zwischen Meeren und Fließgewässern zu unterscheiden. Bei Flüssen und kleineren Fließgewässern spricht man von Hochwasser, wenn der Wasserstand für längere Zeit (mehrere Tage) das Normalmaß deutlich übersteigt. Sie haben meist – je nach Art des Einzugsgebiets – eine jahreszeitliche Häufung, etwa bei der Schneeschmelze oder nach sommerlichen Starkregen.
Hochwasserrückhaltebecken	Ein Hochwasserrückhaltebecken ist ein künstlich angelegtes Becken, das dazu dient, größere Mengen Wasser zu speichern. Es handelt sich um eine Stauanlage, deren Hauptzweck die Regulierung der Abflussmenge eines Fließgewässers bei Hochwasser ist. Sie ist im Normalfall leer oder nur teilweise mit Wasser gefüllt.
Hochwasserschutz	Maßnahmen, die zum Schutz der Bevölkerung, aber auch von Sachgütern vor Hochwasser getroffen werden. Man unterscheidet zwischen technischen Maßnahmen (Deiche, Hochwasserrückhaltebecken, Pumpwerke et cetera), natürlichem Rückhalt von Wassermengen (durch Flächenentsiegelung et cetera) und weiteren Vorsorgemaßnahmen (zum Beispiel Hochwasserwarnungen).
Holozän	Unsere heutige Warmzeit wird auch Holozän genannt. Sie begann vor circa 11 700 Jahren.
Hydrosphäre	Die Hydrosphäre ist ein Teil des Klimasystems der Erde und umfasst das ober- und unterirdische Wasservorkommen.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change – auf Initiative der Vereinten Nationen 1988 gegründeter Weltklimarat: Er bündelt den aktuellen Wissens- und Sachstand zum Klimawandel weltweit und interdisziplinär. Für seine Arbeit erhielt der IPCC 2007 – zusammen mit Al Gore – den Friedensnobelpreis.
Isobaren	Sie kennzeichnen Orte, an denen der gleiche Luftdruck herrscht (von griechisch »isos« »gleich« und »baros« »Druck«). Sie werden als Linien dargestellt.
Kläranlagen	Eine Kläranlage dient der Reinigung von Abwasser, das in der Regel in der Kanalisation gesammelt und zu ihr transportiert wurde. Zur Reinigung

Glossar K

der unerwünschten Bestandteile der Abwässer werden mechanische, biologische und chemische Verfahren eingesetzt. Mehr über Kläranlagen in unserem Schulordner »Wasserwelten«.

Klima	Typischer Wetterverlauf an einem Ort über einen längeren Zeitraum hinweg. Das Durchschnittswetter eines Orts.
Klimadiagramme	Grafische Darstellung der klimatischen Verhältnisse an einem Ort im Jahresverlauf. In der Regel werden dafür die Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag über längere Zeiträume berechnet.
Klimamodelle	Sie bilden das Klimasystem mit seinen Wechselwirkungen und Rückkopplungen modellhaft ab.
Klimaprojektionen	Mithilfe von Klimaprojektionen lassen sich die Reaktionen des Klimasystems, das modellhaft dargestellt wird, auf verschiedene Zukunftsszenarien übertragen. Zur Erarbeitung von zukünftigen Klimaentwicklungen werden Faktoren wie Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Technologiewachstum berücksichtigt.
Klimaszenarien	Computersimulationen, die mehrere Entwicklungsverläufe berechnen. Unterschiede werden durch die angenommene Höhe der Kohlenstoffdioxidemissionen oder bei anderen Betrachtungsgrößen zugrunde gelegt. Die Berechnungen zeigen die Konsequenzen verschiedener Handlungsstrategien auf. Sie dienen daher als Grundlage für klimapolitische Entscheidungen.
Klimatologie	Lehre vom Klima und von seinen Auswirkungen.
Klimazonen	Regionale Gebiete auf der Erde, in denen das Klima relativ ähnliche Züge trägt, werden zu Klimazonen zusammengefasst. Für die Unterteilung gibt es verschiedene Methoden, beispielsweise die Köppen-Geiger-Klimaklassifikation.
Kohlenstoffdioxidsenken	Als Kohlenstoffdioxidsenke wird ein Reservoir bezeichnet, das zeitweilig oder dauerhaft Kohlenstoffdioxid aufnimmt und speichert, wie zum Beispiel Ozeane.
Kohlenstoffkreislauf	Der Begriff beschreibt den Kohlenstofffluss (in verschiedenen Formen, beispielsweise als Kohlenstoffdioxid) durch die »» <i>Atmosphäre</i> , die »» <i>Hydrosphäre</i> , die »» <i>Biosphäre</i> und die »» <i>Lithosphäre</i> .
Kondensation	Verdichtung (Flüssigwerden) von Gasen und Dämpfen durch Abkühlung und gegebenenfalls Druckerhöhung.

Glossar K bis P

Kryosphäre	Die Kryosphäre ist ein Teil des Klimasystems der Erde und bezeichnet den Bereich der Erde, der von Schnee und Eis bedeckt ist.
Kyoto-Protokoll	Abschlussprotokoll der dritten UN-Klimakonferenz in der japanischen Stadt Kyoto im Dezember 1997. Darin verpflichteten sich die Industrieländer erstmals, ihre Treibhausgasemissionen zu senken.
Lithosphäre	Die Lithosphäre umfasst die Erdkruste und festes Gestein.
Luftdruck	Das Gewicht der Luftsäule, die auf einem bestimmten Ort lastet.
Makroklima	Erfasst kontinentale und globale Zusammenhänge und wird daher auch Globalklima genannt.
Mesoklima	Bezieht sich auf größere Gebiete oder Landschaften wie eine Stadt oder den Regenwald.
Meteorologie	Der Begriff kommt aus dem Griechischen und bezeichnet die Lehre vom Wetter. Zu den wichtigsten meteorologischen Elementen zählen: Temperatur, Windstärke und -richtung, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Bewölkungsgrad, Art, Dauer und Intensität des Niederschlags sowie Luftdruck.
Mikroklima	Ist auf kleinste Flächen beschränkt, zum Beispiel auf eine Wiese oder einen Wald.
Mitigation	Ist ein Sammelbegriff für alle Maßnahmen, die einer unnatürlichen Klimaerwärmung entgegenwirken und mögliche Folgen abmildern oder verhindern sollen. Abgeleitet vom englischen »mitigation« für »Milderung, Abschwächung«.
Neobiota	Aus dem Griechischen: »neos« (»neu«) und »bios« (»Leben«). Bezeichnet gebietsfremde biologische Arten.
Neophyten	Aus dem Griechischen »neos« (»neu«) und »phyton« (»Pflanze«). Pflanzen, die – bewusst oder unbewusst – direkt oder indirekt vom Menschen nach 1492, dem Jahr der Entdeckung Amerikas, in Gebiete eingeführt wurden, in denen sie natürlicherweise nicht vorkamen. Pflanzen, die vor 1492 eingeführt wurden, bezeichnet man als Archäophyten.
Neozoen	Aus dem Griechischen: »neos« (»neu«) und »zoon« (»Lebewesen«). Bezeichnet Tierarten, die direkt oder indirekt durch die Wirkung des Menschen in andere Gebiete eingeführt worden sind und sich dort fest etabliert haben.
Paläoklimatologie	Wissenschaft vom Klima in vergangenen Zeiten.

Glossar P bis T

Paläozoikum	Auch Erdaltertum genannt. 542 Millionen Jahre bis 251 Millionen Jahre vor unserer Zeit.
Permafrostböden	In Gebirgsregionen und in polaren Breiten gibt es Permafrostböden. Das ist dauerhaft gefrorener Boden. Permafrostböden bedecken auf der Erde circa 25 Prozent der Landoberfläche.
Phänologie	Wissenschaft, die das Eintreten bestimmter pflanzlicher oder tierischer Entwicklungsstadien im Jahresablauf untersucht, zum Beispiel den Beginn der Apfelblüte.
Präkambrium	Frühzeit der Erde. Rund 4,6 Milliarden Jahre bis 542 Millionen Jahre vor unserer Zeit.
Proxies	Ein Klimaproxy ist ein indirekter Anzeiger des Klimas, welcher in natürlichen Archiven wie Baumringen, Eisbohrkernen, Pollenanalysen et cetera oder menschlichen Archiven aufgezeichnet wurde.
Regenerative Energien	Auch erneuerbare Energien genannt. Werden aus anhaltenden oder sich wiederholenden Energieströmen in der Natur gewonnen. Solarenergie, Wasserkraft, Wind, Erdwärme und Biomasse zählen zu den regenerativen Energien.
Regenwasserversickerung	Als Versickerung wird in der Wassertechnik das Einbringen von Niederschlagswasser (Regenwasser, Schnee) über technische Versickerungsanlagen in den Untergrund bezeichnet.
Retentionsräume	Von lateinisch »retentio« für »Zurückhalten«. Unter Retention versteht man die ausgleichende Wirkung von Stauräumen (zum Beispiel Hochwasserrückhaltebecken) auf den Abfluss in Fließgewässern. Retentionsräume können große Wassermengen aufnehmen und durch eine Dämpfung von Hochwasserwellen Überschwemmungen abmildern.
Silikat-Karbonat-Kreislauf	Als Silikat-Karbonat-Kreislauf bezeichnet man in der Chemie einen geochemischen, zyklischen Wechsel von Silikaten zu Karbonaten (und umgekehrt) unter dem Einfluss von Kohlensäure bzw. Kieselsäure.
Stratosphäre	Zweite Schicht der Erdatmosphäre. Sie liegt über der Troposphäre.
Thermohaline Zirkulation	Umgangssprachlich auch: globales Förderband. Bezeichnet eine Kombination von Meeresströmungen, die vier der fünf Ozeane miteinander verbinden und die sich dabei zu einem Kreislauf globalen Ausmaßes vereinen. Der Antrieb für diesen umfangreichen Massen- und Wärmeaustausch wird durch Temperatur- und Salzkonzentrationsunterschiede innerhalb der

Glossar T bis Z

Weltmeere hervorgerufen. Verursacht werden die Temperaturunterschiede wiederum durch die Breitengradabhängigkeit der Sonneneinstrahlung.

- Tiefdruckgebiet** Gebiet, in dem – im Vergleich zur Umgebung – niedrigerer Luftdruck herrscht.
- Treibhauseffekt, natürlicher und anthropogener** Wie die Scheibe eines Gewächshauses, so wirken in der Atmosphäre die Treibhausgase, zum Beispiel Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas. Sie lassen kurzwelliges Sonnenlicht ungehindert auf die Erde einstrahlen, erlauben aber der langwelligen Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche nicht, zu entweichen. Dies bezeichnet man als natürlichen Treibhauseffekt. Durch die Verbrennung von » fossilen Energieträgern entsteht eine höhere Konzentration an klimawirksamen Gasen. Das bezeichnet man als anthropogenen, das heißt vom Menschen verursachten Treibhauseffekt.
- Treibhausgase** Treibhausgase sind gasförmige Bestandteile in der Atmosphäre, die zum Treibhauseffekt beitragen. Sie können einen natürlichen oder auch einen anthropogenen, das heißt vom Menschen verursachten Ursprung haben. Wasserdampf (H₂O), Kohlenstoffdioxid (CO₂), Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) sind die wichtigsten Treibhausgase in der Erdatmosphäre.
- Troposphäre** Unterste Schicht der Atmosphäre, ist für das Wetter und das Klima von Bedeutung. Hier bilden sich die Wolken und Luftströmungen. Diese sorgen rund um den Globus für einen Temperatúrausgleich. Man spricht auch von der Wetterschicht der Atmosphäre.
- UN-Klimakonferenzen (COP)** Seit 1995 finden jährlich UN-Klimakonferenzen (Conference of Parties, COP) der UN-Klimarahmenkonvention statt. Ziel der Klimakonferenzen ist es, eine Nachfolge des 2012 auslaufenden Kyoto-Protokolls zu entwickeln.
- Wasserkreislauf** Unter Wasserkreislauf versteht man den Transport und die Speicherung von Wasser auf globaler wie regionaler Ebene. Hierbei wechselt das Wasser mehrmals seinen Aggregatzustand und durchläuft die einzelnen Sphären wie » Hydrosphäre, » Lithosphäre, » Biosphäre und » Atmosphäre der Erde. Im Wasserkreislauf geht kein Wasser verloren, es ändert nur seinen Aggregatzustand. Siehe hierzu auch im Schulordner »Wasserwelten« das Kapitel 1 (Grundwissen »Wasser«) inklusive Folienmaterial.
- Wetter** Stets wechselnder Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt. Das kurzzeitige Zusammenwirken von Lufttemperatur, -druck, -feuchtigkeit, Niederschlag, Bewölkung und Wind wird als Wetter wahrgenommen.
- Witterung** Der über einen Zeitraum von einigen Tagen hinweg beobachtete Wetterablauf.

Zuordnung der prozessbezogenen Kompetenzen

Titel des Arbeitsblatts		E	K	B	Jahrgangsstufe
1.1.1	Wie werden Wetterdaten gesammelt?	4, 6	6, 7	–	5–7
1.1.2	Wie werden Wetterdaten gesammelt?	6, 11	6, 7	1	8–10
1.2	Das Klima in deiner Region	1, 3, 7	3, 4	–	5–7
1.3	Wetterdaten und Wettervorhersage	2, 6, 9	4	1	5–10
1.4	Meine eigene Wettervorhersage	2, 7	2	1	5–7
1.5	Wachstumsbedingungen für Pflanzen prüfen	4, 8	–	–	5–10
1.6	Wohin der Wind weht – die Corioliskraft	8, 10	4	8	5–10
2.1	Treibhausgase – wo sie entstehen	6, 7	2	1, 10	8–10
2.2	Wenn das Eis schmilzt ...	1, 4, 8, 11	6	1, 10	5–10
2.3	Planspiel: Klimaszenario für Nordrhein-Westfalen und die Emscher-Lippe-Region	6, 7, 9	5	1, 10	9–10
2.4	Streitobjekt Klimawandel – Pro und Kontra	6, 7	7	2, 10	9–10
2.5	Wird das Meerwasser durch die Klimaänderung »sauer«?	1, 10	4	10	5–10
2.6	Der Kohlenstoffdioxidausstoß – ein Ländervergleich	3, 6, 9	6	6	9–10
3.1	Klimaschutz oder Anpassung an den Wandel?	9	5	1	9–10
3.2	Kyoto-Protokoll	6, 9	4	–	9–10
3.3	Alternative Energien	7	6, 7	3, 6	9–10
4.1 *	»Emscher-Orchidee«	1, 3, 7, 10	6	9, 10	9–10
4.2 *	Biologische Vielfalt (Biodiversität) und Naturschutz	7, 8, 10, 13	5, 6	2, 4, 6, 9, 11	9–10
4.3 *	Amphibienwanderung	10, 12	1	–	9–10
4.4 *	Die Birke als Bioindikator für den Klimawandel	2, 4	3, 6	–	5–10
4.5 **	Pflanzen reagieren auf Ozon	2, 3, 4	5, 6	10	9–10
4.6	Selbst gebastelte Klimadrehzscheibe	2, 9	–	10	9–10
4.7	Hochwasser braucht einfach Platz!	2, 8	2, 6	8	5–6
5.1	Mobilität und Klimawandel – was heißt das für mich im Alltag?	6, 7	4	–	9–10
5.2	Meine persönliche Kohlenstoffdioxidbilanz	9	4	–	7–10
5.3	Mein Kohlenstoffdioxiddiätplan	6, 7, 9	6	–	7–10
5.4	Projektanregung: Regen auf richtigen Wegen	2, 10	1, 5	7	5–10
5.5	Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule	5	2, 5	6, 10	5–10

E = Erkenntnisgewinnung (1–13), K = Kommunikation (1–8), B = Bewertung (1–11)

Nicht alle Kompetenzen können in diesem Themengebiet abgedeckt werden, da einige Kompetenzen sehr spezifisch anderen Rahmenthemen zugeordnet werden.

Aus E 9 von 11
Aus K 7 von 8
Aus B 5 von 10

Die Kompetenzen sind dem Kernlehrplan Physik G8 NRW entnommen. Die Kompetenzen für die mit * gekennzeichneten Arbeitsblätter sind die prozessbezogenen Kompetenzen aus dem Kernlehrplan Biologie G8 NRW. Die Kompetenzen für die mit ** gekennzeichneten Arbeitsblätter sind die prozessbezogenen Kompetenzen aus dem Kernlehrplan Chemie G8 NRW.

Zuordnung der prozessbezogenen Kompetenzen in den Arbeitsblättern

Übersicht*

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
1.1.1 Wie werden Wetterdaten gesammelt?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ führen qualitative und einfache quantitative Experimente und Untersuchungen durch und protokollieren diese ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder (und) bildlichen Gestaltungsmitteln ➤ beschreiben und erklären in strukturierter sprachlicher Darstellung den Bedeutung Gehalt von fachsprachlichen beziehungsweise alltagssprachlichen Texten und von anderen Medien 	
1.1.2 Wie werden Wetterdaten gesammelt?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ beschreiben, veranschaulichen oder erklären physikalische Sachverhalte unter Verwendung von Fachsprache und mithilfe von geeigneten Modellen, Analogien und Darstellungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder (und) bildlichen Gestaltungsmitteln ➤ beschreiben und erklären in strukturierter sprachlicher Darstellung den Bedeutung Gehalt von fachsprachlichen beziehungsweise alltagssprachlichen Texten und von anderen Medien 	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen und bewerten an ausgewählten Beispielen empirische Ergebnisse und Modelle kritisch auch hinsichtlich ihrer Grenzen und ihrer Tragweite
1.2 Das Klima in deiner Region	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beobachten und beschreiben Vorgänge und Phänomene und unterscheiden dabei Beobachtung und Erklärung ➤ analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen ➤ wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ planen, strukturieren, kommunizieren und reflektieren ihre Arbeit auch als Team ➤ beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und von Medien, gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen 	

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
1.3 Wetterdaten und Wettervorhersage	<ul style="list-style-type: none"> ➤ erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe physikalischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und von Medien, gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen 	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen und bewerten an ausgewählten Beispielen empirische Ergebnisse und Modelle kritisch auch hinsichtlich ihrer Grenzen und ihrer Tragweite
1.4 Meine eigene Wettervorhersage	<ul style="list-style-type: none"> ➤ erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe physikalischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind ➤ wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kommunizieren ihre Standpunkte physikalisch korrekt und vertreten sie begründet sowie adressatengerecht 	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen und bewerten an ausgewählten Beispielen empirische Ergebnisse und Modelle kritisch auch hinsichtlich ihrer Grenzen und ihrer Tragweite
1.5 Wachstumsbedingungen für Pflanzen prüfen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ führen qualitative und einfache quantitative Experimente und Untersuchungen durch und protokollieren diese ➤ stellen Hypothesen auf, planen geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung, führen sie unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durch und werten sie unter Rückbezug auf die Hypothesen aus 		

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
1.6 Wohin der Wind weht – die Corioliskraft	<ul style="list-style-type: none"> ➤ stellen Hypothesen auf, planen geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung, führen sie unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durch und werten sie unter Rückbezug auf die Hypothesen aus ➤ stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und grenzen Alltagsbegriffe von Fachbegriffen ab 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und von Medien, gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen ➤ kommunizieren ihre Standpunkte physikalisch korrekt und vertreten sie begründet sowie adressatengerecht 	<ul style="list-style-type: none"> • nutzen physikalische Modelle und Modellvorstellungen zur Beurteilung und Bewertung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Zusammenhänge
2.1 Treibhausgase – wo sie entstehen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kommunizieren ihre Standpunkte physikalisch korrekt und vertreten sie begründet sowie adressatengerecht 	<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden auf der Grundlage normativer und ethischer Maßstäbe zwischen beschreibenden Aussagen und Bewertungen • beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt
2.2 Wenn das Eis schmilzt ...	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beobachten und beschreiben Vorgänge und Phänomene und unterscheiden dabei Beobachtung und Erklärung ➤ führen qualitative und einfache quantitative Experimente und Untersuchungen durch und protokollieren diese ➤ stellen Hypothesen auf, planen geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung, führen sie unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durch und werten sie unter Rückbezug auf die Hypothesen aus 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder (und) bildlichen Gestaltungsmitteln 	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen und bewerten an ausgewählten Beispielen empirische Ergebnisse und Modelle kritisch auch hinsichtlich ihrer Grenzen und ihrer Tragweite • beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
2.2 Wenn das Eis schmilzt ...	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben, veranschaulichen oder erklären physikalische Sachverhalte unter Verwendung von Fachsprache und mithilfe von geeigneten Modellen, Analogien und Darstellungen 		
2.3 Planspiel: Klimaszenario für NRW und die Emscher-Lippe-Region	<ul style="list-style-type: none"> ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht ➤ interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit sachgerecht, situationsgerecht und adressatenbezogen, auch unter Nutzung elektronischer Medien 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beurteilen und bewerten an ausgewählten Beispielen empirische Ergebnisse und Modelle kritisch auch hinsichtlich ihrer Grenzen und ihrer Tragweite ➤ beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt
2.4 Streitobjekt Klimawandel – Pro und Kontra	<ul style="list-style-type: none"> ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben und erklären in strukturierter sprachlicher Darstellung den Bedeutungsgehalt von fachsprachlichen beziehungsweise alltagssprachlichen Texten und von anderen Medien 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ unterscheiden auf der Grundlage normativer und ethischer Maßstäbe zwischen beschreibenden Aussagen und Bewertungen ➤ beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt
2.5 Wird das Meerwasser durch die Klimaänderung »sauer«?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beobachten und beschreiben Vorgänge und Phänomene und unterscheiden dabei Beobachtung und Erklärung ➤ stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagsercheinungen her und grenzen Alltagsbegriffe von Fachbegriffen ab 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und von Medien, gegebenenfalls mithilfe von Modellen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
2.6 Der Kohlenstoffdioxidausstoß – ein Ländervergleich	<ul style="list-style-type: none"> ➤ analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder (und) bildlichen Gestaltungsmitteln 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ benennen und beurteilen Aspekte der Auswirkungen der Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen an ausgewählten Beispielen
3.1 Klimaschutz oder Anpassung an den Wandel?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit sachgerecht, situationsgerecht und adressatenbezogen, auch unter Nutzung elektronischer Medien 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ beurteilen und bewerten an ausgewählten Beispielen empirische Ergebnisse und Modelle kritisch auch hinsichtlich ihrer Grenzen und ihrer Tragweite
3.2 Kyoto-Protokoll	<ul style="list-style-type: none"> ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und von Medien, gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ stellen Anwendungsgebiete und Berufsfelder dar, in denen physikalische Kenntnisse bedeutsam sind ▪ benennen und beurteilen Aspekte der Auswirkungen der Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen an ausgewählten Beispielen

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
3.3 Alternative Energien	<ul style="list-style-type: none"> ➤ wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder (und) bildlichen Gestaltungsmitteln ➤ beschreiben und erklären in strukturierter sprachlicher Darstellung den Bedeutungsgehalt von fachsprachlichen beziehungsweise alltagssprachlichen Texten und von anderen Medien 	
4.1 »Emscher-Orchidee«	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beobachten und beschreiben Vorgänge und Phänomene und unterscheiden dabei Beobachtung und Erklärung ➤ erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe biologischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ermitteln mithilfe geeigneter Bestimmungsliteratur im Ökosystem häufig vorkommende Arten 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt
4.2 Biologische Vielfalt (Biodiversität) und Naturschutz*	<ul style="list-style-type: none"> ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht ➤ interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit sachgerecht, situationsgerecht und adressatenbezogen, auch unter Nutzung elektronischer Medien ➤ veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ unterscheiden auf der Grundlage normativer und ethischer Maßstäbe zwischen beschreibenden Aussagen und Bewertungen ➤ nutzen biologisches Wissen zum Bewerten von Chancen und Risiken bei ausgewählten Beispielen moderner Technologien und zum Bewerten und Anwenden von Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten im Alltag ➤ benennen und beurteilen Auswirkungen der Anwendung biologischer Erkenntnisse und Methoden in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen an ausgewählten Beispielen

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
4.2 Biologische Vielfalt (Biodiversität) und Naturschutz*	<ul style="list-style-type: none"> › beschreiben, veranschaulichen oder erklären biologische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und mithilfe von geeigneten Modellen und Darstellungen, unter anderem die Speicherung und Weitergabe genetischer Informationen, Struktur-Funktionsbeziehungen und dynamische Prozesse im Ökosystem 		<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt • erörtern an ausgewählten Beispielen Handlungsoptionen im Sinne der Nachhaltigkeit
4.3 Amphibienwanderung	<ul style="list-style-type: none"> › interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen › nutzen Modelle und Modellvorstellungen zur Analyse von Wechselwirkungen, Bearbeitung, Erklärung und Beurteilung biologischer Fragestellungen und Zusammenhänge 	<ul style="list-style-type: none"> › tauschen sich über biologische Erkenntnisse und deren gesellschafts- oder alltagsrelevante Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen aus 	
4.4 Die Birke als Bioindikator für den Klimawandel*	<ul style="list-style-type: none"> › erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe biologischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind › führen qualitative und einfache quantitative Experimente und Untersuchungen durch und protokollieren diese 	<ul style="list-style-type: none"> › planen, strukturieren, kommunizieren und reflektieren ihre Arbeit auch als Team › veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln 	
4.5 Pflanzen reagieren auf Ozon**	<ul style="list-style-type: none"> › analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen › führen qualitative und einfache quantitative Experimente und Untersuchungen durch und protokollieren diese 	<ul style="list-style-type: none"> › dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit sachgerecht, situationsgerecht und adressatenbezogen, auch unter Nutzung elektronischer Medien 	

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
4.6 Selbst gebastelte Klimadrehzscheibe	<ul style="list-style-type: none"> › erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe physikalischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind › interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 		<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt
4.7 Hochwasser braucht einfach Platz!	<ul style="list-style-type: none"> › erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe physikalischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind › wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht 	<ul style="list-style-type: none"> › kommunizieren ihre Standpunkte physikalisch korrekt und vertreten sie begründet sowie adressatengerecht › veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln 	<ul style="list-style-type: none"> • nutzen physikalische Modelle und Modellvorstellungen zur Beurteilung und Bewertung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Zusammenhänge
5.1 Mobilität und Klimawandel – was heißt das für mich im Alltag?	<ul style="list-style-type: none"> › recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus › wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht 	<ul style="list-style-type: none"> › beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und von Medien, gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen 	
5.2 Meine persönliche Kohlenstoffdioxidbilanz	<ul style="list-style-type: none"> › interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> › beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und von Medien, gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen 	

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Titel des Arbeitsblatts	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
<p>5.3 Mein Kohlenstoffdioxiddiätplan</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ recherchieren in unterschiedlichen Quellen (Print und elektronische Medien) und werten die Daten, Untersuchungsmethoden und Informationen kritisch aus ➤ wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen, prüfen sie auf Plausibilität und Relevanz, ordnen sie ein und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht ➤ interpretieren Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, wenden einfache Formen der Mathematisierung auf sie an, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, mathematischen und bildlichen Gestaltungsmitteln 	
<p>5.4 Projektanregung: Regen auf richtigen Wegen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe physikalischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind ➤ stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und grenzen Alltagsbegriffe von Fachbegriffen ab 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen aus ➤ dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit sachgerecht, situationsgerecht und adressatenbezogen, auch unter Nutzung elektronischer Medien 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ binden physikalische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein, entwickeln Lösungsstrategien und wenden diese nach Möglichkeit an
<p>5.5 Projektanregung: Klimakonferenz an der Schule</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ dokumentieren die Ereignisse ihrer Tätigkeit in Form von Texten, Skizzen, Zeichnungen, Tabellen oder Diagrammen, auch computergestützt 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kommunizieren ihre Standpunkte physikalisch korrekt und vertreten sie begründet sowie adressatengerecht ➤ dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit sachgerecht, situationsgerecht und adressatenbezogen, auch unter Nutzung elektronischer Medien 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ benennen und beurteilen Aspekte der Auswirkung der Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen an ausgewählten Beispielen ➤ beschreiben und beurteilen an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Umwelt

Aus dem Kernlehrplan Physik Gymnasium NRW, teilweise aus den Kernlehrplänen Biologie () und Chemie (**) für die Gymnasien NRW.

Abbildungs-, Grafik- und Literaturverzeichnis

Abbildungen

Titelmotiv	
Emschergenossenschaft/ Lippeverband	Abbildung 01 Bildmontage Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
Fotolia	Abbildung 01 Bildmontage Urheber: © yegorius
Kapitel 1	
Emschergenossenschaft/ Lippeverband	Abbildung 14 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
	Abbildung 15 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Fotolia	Abbildung 02 Urheber: © yegorius
	Abbildung 03 Urheber: © Eric Gevaert
	Abbildung 04 Urheber: © Jürgen Hus
	Abbildung 05 Urheber: © John Sandoy
	Abbildung 06 Urheber: © oconner
	Abbildung 07 Urheber: © Siegfried Schnepf
	Abbildung 08 Urheber: © CB94
	Abbildung 09 Urheber: © Siegmar
	Abbildung 10 Urheber: © forade prazo
	Abbildung 11 Urheber: © Martin Schwan
	Abbildung 12 Urheber: © Vulkanisator
	Abbildung 16 Urheber: © Bernhard Lux
	Abbildung 17 Urheber: © Hannes Strasser
iStock	Abbildung 13 Urheber: © evirgen
Kapitel 2	
Emschergenossenschaft/ Lippeverband	Abbildung 19 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Fotolia	Abbildung 18 Urheber: © FAFANJA
	Abbildung 20 Urheber: © bilderbox
	Abbildung 21 Urheber: © Albert Schleich
	Abbildung 22 Urheber: © Hans Muck
	Abbildung 23 Urheber: © Anwagner
	Abbildung 24 Urheber: © Anton Prado PHOTO
	Abbildung 26 Urheber: © Komandos
	Abbildung 27 Urheber: © Anne Clark
	Abbildung 28 Urheber: © oversnap

Abbildungen

- Abbildung 29 | Urheber: © Tylor Olson
 Abbildung 30 | Urheber: © outdoorsman
iStock Abbildung 25 | Urheber: © Josep Pique Alecha
 Abbildung 31 | Urheber: © Klaas Lingbeek- van Kranen
 Abbildung 32 | Urheber: © Niels van Gijn
 Abbildung 33 | Urheber: © Hendrik de Bruyne

Kapitel 3

Emschergenossenschaft/ Lippeverband

- Abbildung 37 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
 Abbildung 45 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
 Abbildung 46 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
 Abbildung 47 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
 Abbildung 54 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
 Abbildung 55 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
 Abbildung 56 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
 Abbildung 57 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
Fotolia Abbildung 34 | Bildmontage | Urheber: © Mikko Pikänen
 Abbildung 34 | Bildmontage | Urheber: © Andreas F.
 Abbildung 35 | Urheber: © pics
 Abbildung 36 | Urheber: © Thorsten Schier
 Abbildung 39 | Bildmontage | Urheber: © fotoverlag
 Abbildung 39 | Bildmontage | Urheber: © MIR
 Abbildung 40 | Urheber: © alephnull
 Abbildung 42 | Urheber: © Aintschie
 Abbildung 43 | Urheber: © matttilda
 Abbildung 44 | Urheber: © E. Zacherl
 Abbildung 48 | Urheber: © Ingo Bartussek
 Abbildung 49 | Urheber: © Sly
 Abbildung 50 | Urheber: © blina
 Abbildung 51 | Urheber: © dpaint
 Abbildung 52 | Urheber: © Radu Razan
 Abbildung 53 | Urheber: © mankale

Abbildungen

	Abbildung 58 Urheber: © Dirk Paessler
	Abbildung 59 Urheber: © gandolf
	Abbildung 60 Urheber: © Bergfee
iStock	Abbildung 41 Urheber: © Ziutograf
dpa	Abbildung 38 Urheber: © Michael Hanschke – dpa-Report

Kapitel 4

Emschergenossenschaft/ Lippeverband

Abbildung 62 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 63 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 64 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 65 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 73 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 74 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 76 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 78 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 83 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 84 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 85 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 86 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 87 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 88 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 89 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 90 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010
Abbildung 91 Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/ Medienzentrale 2010

Abbildungen

- Abbildung 92 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 93 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 94 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 95 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 96 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 97 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 98 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 107 | Urheber: © Thomas Beer
- Abbildung 109 | Drehscheibe | Urheber: © Olaf Zimball
- Abbildung 110 | Drehscheibe | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippe-
verband/Medienzentrale 2010
- Abbildung 112 | Drehscheibe | Urheber: © Olaf Zimball
- Abbildung 113 | Drehscheibe | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippe-
verband/Medienzentrale 2010
- Abbildung 114 | Drehscheibe | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippe-
verband/Medienzentrale 2010
- Abbildung 115 | Drehscheibe | Urheber: © Benno Dalhoff
- Abbildung 116 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Fotolia** Abbildung 66 | Urheber: © Thomas Mertens
- Abbildung 67 | Urheber: © Marcus Lagner
- Abbildung 68 | Urheber: © Daniel Bujack
- Abbildung 70 | Urheber: © Focalexus
- Abbildung 71 | Urheber: © w@w
- Abbildung 75 | Urheber: © Stefan Klar
- Abbildung 77 | Urheber: © LUNAMARINA
- Abbildung 80 | Urheber: © Jeff Daniels
- Abbildung 81 | Urheber: © nfsphoto
- Abbildung 82 | Urheber: © seven
- Abbildung 99 | Urheber: © Xaver Klaußner
- Abbildung 100 | Urheber: © Dieter Bockmann
- Abbildung 101 | Urheber: © Paul Stock
- Abbildung 104 | Urheber: © Gerisch
- Abbildung 105 | Urheber: © Carola Schubbel
- Abbildung 106 | Urheber: © Karin Jähne
- Abbildung 111 | Drehscheibe | Urheber: © w@w

Abbildungen

- iStock** Abbildung 69 | Urheber: © Andyworks
 Abbildung 79 | Urheber: © Eric Delmar
 Abbildung 108 | Urheber: © Andyworks
- dpa** Abbildung 72 | Urheber: © Jan Dube – dpa-Report
 Abbildung 102 | Urheber: © Weigl/Helga Lade
 Abbildung 103 | Urheber: © Airber Jung – Picture-Alliance/Klett

Kapitel 5

Emschergenossenschaft/ Lippeverband

- Abbildung 117 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 122 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 123 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 124 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 125 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 126 | Urheber: © Bastian Schramm
- Abbildung 127 | Urheber: © Bastian Schramm
- Abbildung 128 | Urheber: © Bastian Schramm
- Abbildung 129 | Urheber: © Bastian Schramm
- Fotolia** Abbildung 118 | Urheber: © Trombax
 Abbildung 119 | Urheber: © Alain Lavanchy
 Abbildung 120 | Urheber: © bilderbox
 Abbildung 121 | Urheber: © DerSchmock

Anhang

Emschergenossenschaft/ Lippeverband

- Abbildung 131 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 132 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 133 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 134 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 135 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 136 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010

Abbildungen

- Abbildung 137 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 138 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 139 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 140 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Abbildung 141 | Urheber: © Emschergenossenschaft und Lippeverband/
Medienzentrale 2010
- Fotolia** Abbildung 130 | Urheber: © Miredi

Grafiken

- Kapitel 1** Grafik 01 | Vgl.: Spandau, Lutz; Wilde, Peter; Klima. Basiswissen, Klimawandel,
Zukunft, Eugen Ulmer Verlag 2008, Stuttgart, S. 12
- Grafik 02 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 9
- Grafik 03 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
- Grafik 04 | Diese und ähnliche Klimadiagramme kann man auf
www.climatediagrams.com oder www.klimadiagramme.de erstellen.
- Grafik 05 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Schröter 2010
- Grafik 06 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 17
- Grafik 07 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 16
- Grafik 08 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 26
- Grafik 09 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 14
- Grafik 10 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 24
- Grafik 11 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 44
- Grafik 12 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 22
- Grafik 13 | Klimaklassifikation nach Köppen-Geiger: lizenziert bei Wikimedia
Commons, www.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Köppen-geiger-hessd-2007.svg&filetimestamp=20071015141519 17
- Grafik 14 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Schröter 2010
- Grafik 15 | Vgl.: Buggisch, Werner, Buggisch, Christian: Was ist was. Klima,
Tesloff Verlag, Nürnberg, 2008, S. 30 und 31
- Grafik 16 | Vgl.: Rahmstorf, Stefan; Schellnhuber, Hans Joachim; Der Klimawandel.
Diagnose, Prognose, Therapie, C.H. Beck Verlag, München, S. 21
- Grafik 17 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 31
- Grafik 18 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 35

Grafiken

- Grafik 19 | Diese und ähnliche Klimadiagramme kann man auf www.climatediagrams.com oder www.klimadiagramme.de erstellen.
- Kapitel 2**
- Grafik 20 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 67
- Grafik 21 | Vgl.: IPCC – Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, 4. Sachstandsbericht des IPCC (AR4), Klimaänderung 2007: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, Bern, Wien, Berlin, 2007, S. 6
- Grafik 22 | Vgl.: MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen), Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen, 2009, S. 28
- Grafik 23 | Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK), Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Regionale Abschätzung der Anfälligkeiten ausgewählter Sektoren, Abschlussbericht, Potsdam, April 2009, S. 3
- Grafik 24 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 66
- Grafik 25 | Vgl.: Spandau, Wilde, Klima, S. 71
- Grafik 26 | Vgl.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Klimaschutz und Klimapolitik, Berlin 2008, S. 55
- Grafik 27 | Vgl.: IPCC, 4. Sachstandsbericht (2007), S. 15
- Grafik 28 | Vgl.: IPCC, 4. Sachstandsbericht (2007), S. 16
- Grafik 29 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 42
- Grafik 30 | Vgl.: IPCC, 4. Sachstandsbericht (2007), S. 31
- Grafik 31 | Vgl.: IPCC, 4. Sachstandsbericht (2007), S. 6
- Grafik 32 | Vgl.: Germanwatch, Der globale Klimawandel, S. 3, siehe auch www.germanwatch.org/rio/ab-allg.pdf
- Kapitel 3**
- Grafik 33 | Vgl.: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, 2008, S. 9
Emschergenossenschaft und Lippeverband/Schröter 2010
- Grafik 34 | Vgl.: Germanwatch, Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland, 2007, S. 6, nach MPI-M 2006
- Grafik 35 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
- Grafik 36 | Vgl.: G. M. Sarwar: Impacts on Sea Level Rise on the Coastal Zone of Bangladesh, 2008, S. 6, auch: www.lumes.lu.se/database/alumni/04.05/theses/golam_sarwar.pdf
- Grafik 37 | Vgl.: Schädler, Bruno: Die Schweiz im Jahre 2050 – Auswirkungen der Klimaänderung auf den Wasserkreislauf und die Wasserwirtschaft, in: Lebensministerium Österreich, Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft, S. 155
- Grafik 38 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Schröter 2010
- Grafik 39 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Schröter 2010 – Idee nach

Grafiken

Katrin Schüppel, Klimawandel und Klimaschutz. Informationen. Hintergründe. Diskussionsanregungen, Verlag an der Ruhr 2007, Seite 66. Datengrundlage der Tabelle: Vgl.: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) GHG Data 2006, Highlights from Greenhouse Gas (GHG) Emissions Data for 1990–2004 for Annex, Parties, S. 8

- Kapitel 4**
- Grafik 40 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 41
 - Grafik 41 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 43
 - Grafik 42 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 44
 - Grafik 43 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Schröter 2010
 - Grafik 44 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
 - Grafik 45 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 30
 - Grafik 46 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 31
 - Grafik 47 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 33
 - Grafik 48 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
 - Grafik 49 | Vgl.: MUNLV, Anpassung an den Klimawandel, S. 114
 - Grafik 50 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
 - Grafik 51 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
 - Grafik 52 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
 - Grafik 53 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
 - Grafik 54 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010
 - Grafik 55 | Vgl.: Dalhoff, Benno: Amphibienwanderung, in: Heimische und exotische Amphibien. Unterricht Biologie, Heft 242, Seelze 1999
 - Grafik 56 | Vgl.: Bio-AG, Conrad-von-Soest-Gymnasium: Krötentod am Ardey – Ursachen, Folgen, Vermeidung, Soest 2002
 - Grafik 57 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Schröter 2010
 - Grafik 58 | Emschergenossenschaft und Lippeverband/Medienzentrale 2010

Literaturverzeichnis

Buggisch, Werner; Buggisch, Christian:
Klima (Was ist was, Bd. 125), Nürnberg 2008

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU):
Klimaschutz und Klimapolitik, Berlin 2008

Dow, Kirstin; Downing, Thomas E.:
Weltatlas des Klimawandels. Karten und Fakten zur globalen Erwärmung,
Hamburg 2007

Gore, Al:
Eine unbequeme Wahrheit. Die drohende Klimakatastrophe und was wir dagegen tun können, München 2006

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4), Klimaänderung 2007:
Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, Bern, Wien, Berlin 2007

Lanig, Jonas; Schneider, Achim; Tiemann, Dorothee:
Klimakatastrophe – Energie sparen! Infos, Hintergründe, Projektideen, Mülheim an der Ruhr 2007

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen:
Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2009

Mönning, Petra; Willems, Karolin; Schwetschenau, Silke:
Die Wetter Werkstatt, Mülheim an der Ruhr 2002

J. Kropp; A. Holsten; T. Lissner; O. Roithmeier; F. Hattermann; S. Huang; J. Rock; F. Wechsung; A. Lüttger; S. Pompe; I. Kühn; L. Costa; M. Steinhäuser; C. Walther; M. Klaus; S. Ritchie; M. Metzger:
Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV), April 2009

Rahmstorf, Stefan; Schellnhuber, Hans Joachim:
Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie, München 2006

Literaturverzeichnis

Schüppel, Katrin:

Klimawandel und Klimaschutz. Informationen, Hintergründe, Diskussionsanregungen, Mülheim an der Ruhr 2007

Schüppel, Katrin:

Wetterchaos Klimawandel. Was Kinder wissen müssen und tun können, Mülheim an der Ruhr 2007

Spandau, Lutz; Wilde, Peter:

Klima. Basiswissen, Klimawandel, Zukunft, Stuttgart 2008

Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt:

Klimaänderung. Festhalten an der vorgefassten Meinung? Wie stichhaltig sind die Argumente der Skeptiker?, Berlin 2004

Impressum

Herausgeber

Emschergenossenschaft/Lippeverband
Dr. Jochen Stemplewski
Kronprinzenstraße 24, 45128 Essen

Projektleitung

Astrid Keune
Stabsstelle Emscher-Zukunft, Kronprinzenstraße 24, 45128 Essen
Telefon: 0201 104-2320, Fax: 0201 104-2882
E-Mail: keune.astrid@eglv.de
www.eglv.de

Layout

Werbeagentur Schröter, Essen

Redaktion

Kommunikationsbüro, Buchholz

Redaktionelle Mitarbeit

Externe Redaktion

Thomas Beer, Ernst-Barlach-Gymnasium, Unna
Dr. Benno Dalhoff, Conrad-von-Soest-Gymnasium, Soest
Sonja Drzensla, Ernst-Barlach-Gymnasium, Unna
Axel Jürgens, Agenda-Forum Essen e.V.
Carola Soltau, Gesamtschule Horst, Gelsenkirchen
Uwe Torweihe, Gesamtschule Duisburg-Neumühl

Redaktion Emschergenossenschaft/Lippeverband

Kirsten Adamczak, Dr. Torsten Frehmann, Astrid Keune,
Ulrike Raasch, Ralf Schumacher, Dr. Matthias Weilandt

Essen, August 2010

© Emschergenossenschaft/Lippeverband, Essen 2010.

Alle Rechte vorbehalten. Als Kopiervorlage für den
Unterrichtsgebrauch freigegeben.