



**Allgemeine
physische
Geographie**

Lehrbuch der Erdkunde
für die Klasse 9 B der erweiterten Oberschule

Allgemeine physische Geographie

Zur Einführung	5	3. Luftdruck und Winde	33
A. Die Erde als Himmelskörper	7	a) Der Luftdruck	33
I. Vom Gradnetz der Erde	7	b) Entstehung der Hoch- und Tiefdruckgebiete	35
II. Die Bewegungen der Erde	7	c) Der Wind	36
1. Die Rotation der Erde	8	III. Das Wetter	38
a) Rotation und Erdgestalt ...	8	1. Luftmassen und Fronten	38
b) Rotation und Tageszeit	9	2. Die wandernden Zyklonen ...	39
2. Die Revolution der Erde	10	3. Wettervorhersage und Wetter- karte	43
III. Die mathematischen Zonen der Erde	13	a) Der Wetterdienst	43
1. Die Polarzonen	14	b) Die Wettervorhersage	43
2. Die tropische Zone	14	c) Die Wetterkarte	47
3. Die gemäßigten Zonen	15	IV. Das Klima	49
B. Die Lufthülle der Erde	16	1. Das planetarische Windsystem	50
I. Aufbau der Lufthülle	16	2. Die Hauptklimazonen der Erde	51
1. Die Troposphäre	18	a) Die Zonen mit stetigem Klima	51
2. Die Stratosphäre	19	b) Die Zonen der Wechselkli- mate	52
3. Die Ionosphäre	19	3. Die Klimatypen der nördlichen gemäßigten Klimazone	56
II. Die Wetterelemente	20	4. Klimaschutz für die Export- industrie	56
1. Die Lufttemperatur	20	5. Das Kleinklima	58
a) Die Erwärmung der Luft ...	20	a) Der Windschutz	59
b) Der tägliche Temperatur- gang	22	b) Der Frostschutz	60
c) Der jährliche Temperatur- gang	25	6. Das Stadtklima	61
d) Kartographische Darstellung von Temperaturwerten ...	26	C. Die Wasserhülle der Erde ...	62
2. Luftfeuchtigkeit, Wolken und Niederschläge	28	I. Das Weltmeer	62
a) Die Luftfeuchtigkeit	28	1. Die Gliederung des Weltmeeres	63
b) Die Wolken	30	2. Meerestiefen und Meeresboden	63
c) Die Arten der Niederschläge	32	3. Der Salzgehalt des Meeres ...	65

4. Die Oberflächentemperatur des Meeres	66	b) Die Arbeit des Meeres an der Flachküste	134
5. Das Eis im Meer	66	<i>IV. Die Sedimentation und die Sedimentgesteine</i>	136
6. Die Bewegungen des Meerwassers	70	1. Die mechanischen Sedimente	136
a) Die Oberflächenströmungen	70	2. Die chemischen Sedimente ...	139
b) Die Gezeiten (Ebbe und Flut)	72	3. Die organogenen Sedimente ..	140
<i>II. Das Wasser auf dem Festland</i> ..	74	a) Kalkstein	140
1. Der Wasserkreislauf	74	b) Kohlengesteine	142
2. Das Grundwasser	76	c) Erdöl	144
3. Der oberirdische Abfluß	77	<i>V. Metamorphe Gesteine</i>	144
4. Die Wasserwirtschaft	79	<i>VI. Die Gliederung der Erdgeschichte</i>	146
D. Die Erdkruste und ihre Veränderungen	86	1. Das relative Alter der Gesteine	147
<i>I. Der Erdkörper</i>	86	2. Die absolute Altersbestimmung	148
1. Methoden zur Erforschung ...	86	3. Die erdgeschichtliche Zeittafel	148
2. Temperatur- und Dichteverhältnisse im Erdkörper	87	4. Die geologische Uhr	152
3. Der Schalenbau des Erdkörpers	88	E. Die natürlichen Zonen der Erde	153
<i>II. Der Vulkanismus</i>	89	<i>I. Die Polarzonen</i>	153
1. Vulkanausbrüche	89	<i>II. Die nördliche gemäßigte Zone</i> ..	157
2. Vulkantypen	90	1. Die nördliche Nadelwaldzone ..	157
3. Gesteinsbildung aus dem Magma	91	2. Die Zone der sommergrünen Laub- und Mischwälder	159
<i>III. Die Gestaltung der Erdoberfläche durch exogene Vorgänge</i>	97	a) Die Laub- und Mischwaldregion an den Westseiten der Nordkontinente.....	159
1. Die Verwitterung	97	b) Die Laub- und Mischwaldregion an den Ostseiten der Nordkontinente	161
a) Physikalische Verwitterung	97	3. Die Zone der winterkalten Steppen	162
b) Chemische Verwitterung ..	98	<i>III. Die Zone der Hartlaubgewächse</i>	165
2. Die Massenbewegungen	102	<i>IV. Die Zone der tropischen Wüsten und Halbwüsten</i>	168
3. Die Flüsse als oberflächengestaltende Kraft	107	<i>V. Die Zone der tropischen Grasländer</i>	171
a) Transport	108	1. Die Dornsavanne	171
b) Erosion	108	2. Die Trockensavanne	172
c) Akkumulation	110	3. Die Feuchtsavanne	173
d) Die Talbildung	112	<i>VI. Die Zone der tropischen Regenwälder</i>	176
4. Die vom Eis überformte Landschaft	117	Anhang	183
a) Die Talgletscher	117	<i>Tabellen</i>	183
b) Das vom Inlandeis geformte Norddeutsche Tiefland ...	122	<i>Sachregister</i>	191
5. Die Tätigkeit des Windes	126		
6. Durch das Meer geschaffene Zerstörungs- und Aufbauformen	131		
a) Vorgänge an Steilküsten ...	131		

Die natürliche Umwelt, in der die Menschen leben, bezeichnen wir als das *geographische Milieu*. Dieses geographische Milieu ist von großer Mannigfaltigkeit. Wie unterschiedlich sind allein schon die Formen des Geländes. So ist es ein Unterschied, ob ein Ort in einer Tiefebene oder in einem Gebirge liegt, ob er in einem Talkessel erbaut wurde oder in einer weiten, offenen Landschaft. Weiterhin kann es von großem Einfluß sein, ob der Ort an der Küste des Meeres, an einem großen Fluß, an einem Bach oder nur in der Nähe ergiebiger Quellen entstanden ist. Für die Menschen, die den Boden landwirtschaftlich nutzen, ist es von Bedeutung, ob der Boden ihrer heimatlichen Umgebung sandig oder lehmig ist, ob die Pflanzen in der Zeit des Wachstums genügend Feuchtigkeit und in der Zeit der Reife genügend Wärme erhalten. Vom Boden und von den klimatischen Bedingungen hängt auch ab, welche Pflanzen in einem Gebiet am besten gedeihen und welche Tiere dort leben können.

Das geographische Milieu ist eine der wichtigsten Grundlagen für das Leben der menschlichen Gesellschaft. Die Menschen gewinnen durch ihre Arbeit der Natur alles ab, was sie zum Leben benötigen: so die Nahrungsmittel und alle Stoffe, aus denen sie ihre Werkzeuge und Maschinen herstellen, ihre Bekleidung fertigen und ihre Wohnungen errichten. Dadurch, daß sie die Wälder roden und Felder anlegen, Siedlungen, Städte und Industrieanlagen bauen, Straßen, Kanäle und Eisenbahnlinien anlegen, verändern sie gleichzeitig das geographische Milieu.

Die einzelnen Elemente und Erscheinungen des geographischen Milieus, die Oberflächengestalt, die Gesteine und Böden, das Klima, die Gewässer, die Pflanzen- und Tierwelt stehen in einem engen, gesetzmäßigen Zusammenhang. Sie hängen voneinander ab und beeinflussen sich gegenseitig. So wird zum Beispiel das Klima eines Gebietes von seiner Breitenlage, von seiner Entfernung zum Meer und von seiner Oberflächengestalt bestimmt. Die Vegetation, die Wasserführung der Flüsse und die Beschaffenheit des Bodens werden wiederum in starkem Maße vom Klima beeinflusst. Verändert sich das Klima, so verändern sich auch der Wasserhaushalt der Flüsse und die Vegetation. Die Menschen greifen ständig in diese vielfältigen Zusammenhänge ein. Jede Veränderung, die nur ein Element des geographischen Milieus betrifft, ruft auch Veränderungen bei anderen Elementen hervor. Wird in einem Gebiet der Wald gerodet, so verändert sich dadurch die Wasserführung sowie die Beschaffenheit des Bodens und in geringem Maße auch das örtliche Klima.

Eingriffe in das geographische Milieu, die die erkennbaren, feststehenden und unveränderlichen Naturgesetze nicht berücksichtigen, können daher zu schweren Schäden für die menschliche Gesellschaft führen. Nur durch planmäßige Veränderungen, die auf der genauen und gründlichen Erforschung aller Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten beruhen, kann das geographische Milieu zum Nutzen und zum Wohle der Gesellschaft umgestaltet werden.

Es ist deshalb für die menschliche Gesellschaft eine außerordentlich wichtige Aufgabe, die geographischen Zusammenhänge zu erforschen und die Entwicklung und Veränderung des geographischen Milieus, die sich aus dem wechselseitigen Zusammenhang der verschiedenen natürlichen Faktoren und aus der Einwirkung der Menschen ergeben, zu ergründen. Die Erforschung und Darstellung dieser natürlichen Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten ist Aufgabe der *physischen Geographie*. Wenn sich die physische Geographie zum Ziele setzt, die vielfältigen Zusammenhänge, die das geographische Milieu über die ganze Erde hin so unterschiedlich gestalten, allgemein darzustellen und die allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten zu erforschen, so sprechen wir von *allgemeiner physischer Geographie*. Wenn sie sich aber die Aufgabe stellt, die Natur eines bestimmten Landes oder Gebietes, einer Region, zu untersuchen, sprechen wir von *regionaler physischer Geographie*.

Die physische Geographie, die in einigen ausgewählten Kapiteln den Inhalt dieses Lehrbuches bildet, ist nur ein Teilgebiet der geographischen Wissenschaften. Das geographische Milieu ist lediglich die natürliche Grundlage für das Leben der Gesellschaft. Wie dieses Milieu aber von den Menschen zur Entwicklung ihrer Gesellschaft ausgenutzt wird, welche Standorte die Menschen für die Gewinnung und Erzeugung der wichtigsten Landwirtschafts- und Industrieprodukte wählen, das wird nicht von natürlichen Gesetzmäßigkeiten, sondern von gesellschaftlichen Gesetzen bestimmt, die von der *politischen und ökonomischen Geographie* erforscht werden.

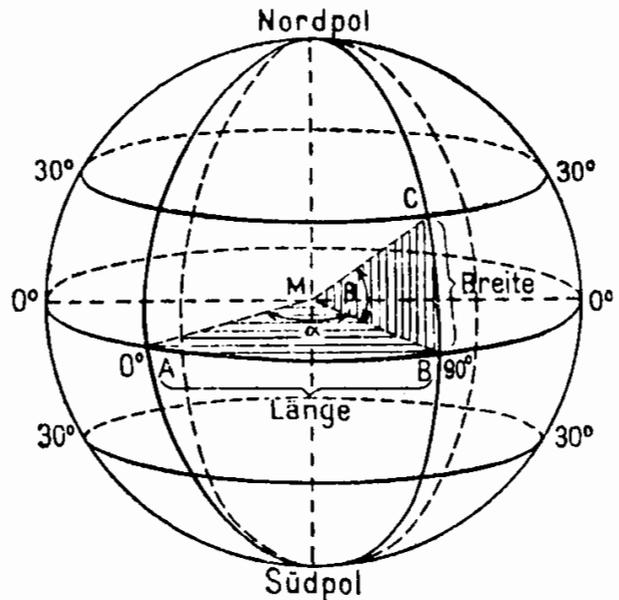
Die beiden großen Disziplinen der geographischen Wissenschaften, die physische Geographie und die politische und ökonomische Geographie, sind auf das engste miteinander verbunden.

Die Zusammenhänge innerhalb des geographischen Milieus sind so vielfältig, daß sie sich nicht mit einem Blick erfassen lassen. Wir müssen daher zunächst die einzelnen Faktoren untersuchen, wobei wir uns im Rahmen dieses Lehrbuches auf die wichtigsten Tatsachen beschränken. Wie diese im ganzen zusammenwirken, wird abschließend an Hand von Beispielen bei der Behandlung der natürlichen Zonen, vor allem der gemäßigten Zone, gezeigt.

A. Die Erde als Himmelskörper

I. Vom Gradnetz der Erde (Zur Wiederholung)

Das Gradnetz der Erde. – 1. Wie heißen die Verbindungslinien von einem Pol zum anderen, wie die Großkreise, die durch beide Pole gehen? – 2. Wie bezeichnet man die Kreise, die senkrecht zu den Meridianen verlaufen? – 3. Durch welche Länder und Meere verläuft der Nullmeridian? – 4. Wie heißt der größte Breitenkreis? – 5. Welche geographischen Koordinaten hat Ihr Schulort? – 6. Bestimmen Sie die geographischen Koordinaten der Städte Leningrad, Sydney, Chicago, Buenos Aires!



AUFGABE: Übertragen Sie nachstehende Tabelle in Ihr Arbeitsheft und setzen Sie die fehlenden Angaben ein!

	Breitenkreise	Meridiane
Verlauf		
Größenunterschied		
Zählung		

II. Die Bewegungen der Erde

Dem polnischen Gelehrten Nikolaus Kopernikus (1473–1543), dem deutschen Gelehrten Johannes Kepler (1571–1630) und dem englischen Naturforscher Isaac Newton (1643–1727) verdanken wir die Kenntnis wichtiger Gesetzmäßigkeiten, die den Bewegungen der Erde zugrunde liegen.

Zwei Bewegungen sind von besonderer Bedeutung:

- a) Im Laufe eines Tages dreht sich die Erde einmal um sich selbst. Diese Drehbewegung bezeichnet man als *Rotation* (lat. *rotatio* kreisförmige Umdrehung).
- b) Im Laufe eines Jahres bewegt sich die Erde auf einer elliptischen Bahn einmal um die Sonne. Dieser Vorgang heißt *Revolution* (lat. *revolutio* Umwälzung, Rückkehr).

1. Die Rotation der Erde

Die Drehung des Erdkörpers erfolgt um eine gedachte Achse, deren Endpunkte die beiden Pole sind. Eine unmittelbare Wahrnehmung der Drehbewegung ist nicht möglich, weil sie nahezu gleichförmig verläuft und alle Personen und Gegenstände auf der Erdoberfläche sowie die Lufthülle daran teilnehmen.

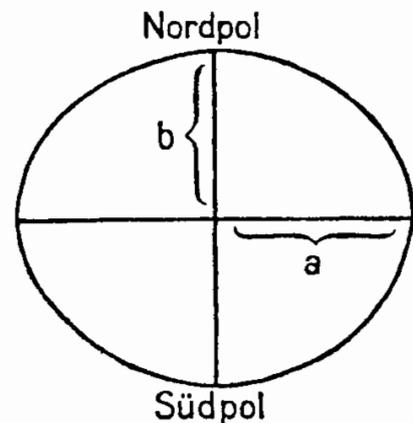
Rotationsgeschwindigkeit für verschiedene Breiten	
90° (Pol)	0 m/s
60° (Leningrad)	232 m/s
51° (Dresden)	292 m/s
30° (Kairo)	403 m/s
0° (Äquator)	465 m/s

AUFGABEN: 1. Begründen Sie die unterschiedliche Rotationsgeschwindigkeit von Orten in verschiedener geographischer Breite! – 2. Welche Orte legen bei der Rotation den längsten Weg zurück (Globus, Atlaskarte)? – 3. Welchen Vorteil bietet die Erdrotation einem Weltraumfahrer beim Start in Richtung Osten?

Die Rotation hat verschiedene bedeutsame Auswirkungen:

a) Rotation und Erdgestalt

Die rasche Rotation der Erde bewirkt, daß der Erdkörper an den Polen eine Abplattung und in niederen Breiten eine Aufwulstung erfährt. (An einem in schnelle Umdrehung versetzten Stahlbandmodell läßt sich das nachweisen!) Die Abweichung



Die Gestalt des Erdkörpers
 Äquatorhalbmesser
 Abstand Pol - Erdmittelpunkt

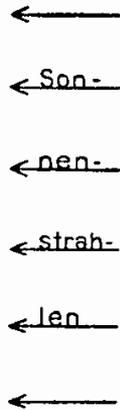
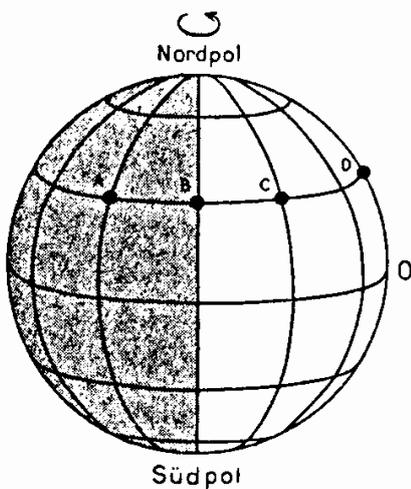
$a = 6378,5 \text{ km}$
 $b = 6357,0 \text{ km}$

von der Kugelgestalt ist aber relativ gering, so daß sie in der Zeichnung auf Seite 8 unten sehr stark übertrieben werden mußte, damit sie überhaupt erkennbar wird.

AUFGABE: Um wieviel km ist die Erdachse kürzer als der Äquatordurchmesser? Begründen Sie, weshalb bei unserem Schulglobus die Abplattung nicht darstellbar ist!

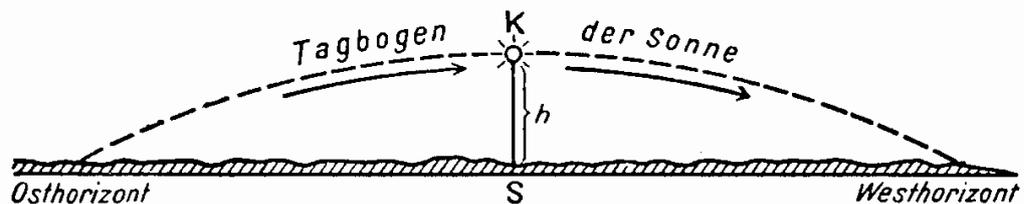
b) Rotation und Tageszeit

Da die Erde ihr Licht von der Sonne erhält, ist jeweils nur eine Erdhälfte beleuchtet. Die der Sonne zugewandte, beleuchtete Hälfte der Erde hat Tag, die abgewandte, unbeleuchtete Hälfte dagegen Nacht. Der ständige Wechsel von Tag und Nacht ist eine Folge der Rotation.



Die Entstehung von Tag und Nacht (schematisch). Die Abbildung zeigt die beleuchtete (Tag-) und die unbeleuchtete (Nacht-) Seite der Erde. Für die auf dem gleichen Breitenkreis gelegenen Orte A, B, C und D sind die Meridiane eingezeichnet. – 1. Welche Tageszeit herrscht an den eingezeichneten Orten? – An welchem Ort geht die Sonne auf, welcher Ort hat Mittag? – 2. Warum heißen die Meridiane auch Mittagslinien? – 3. Begründen Sie, warum alle Orte auf dem gleichen Meridian gleiche Tageszeit haben!

Die *scheinbare* tägliche Bewegung der Sonne am Himmelsgewölbe von Osten nach Westen ist die Auswirkung der wirklichen Drehbewegung der Erde um ihre Achse von Westen nach Osten.



Der Tagbogen der Sonne. S = Südpunkt des Horizonts, h = Mittagshöhe der Sonne, K = Kulminationspunkt der Sonne (Höchststand)

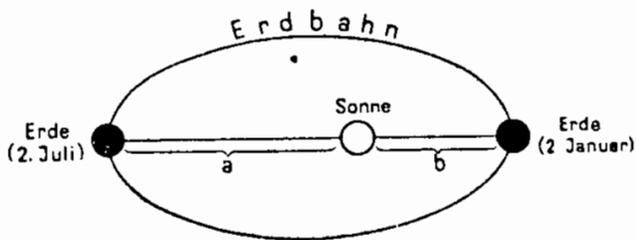
Alle Orte, die östlich eines beliebigen Standortes auf der Erde liegen, sind diesem in der Tageszeit voraus, Orte, die westlich dieses Ortes liegen, bleiben hinter dessen Tageszeit zurück.

Die Erde dreht sich innerhalb von 24 Stunden einmal um ihre Achse. Diese Rotation erfolgt von Westen nach Osten. Sie bewirkt den Wechsel von Tag und Nacht.

AUFGABEN: 1. Begründen Sie, weshalb ohne Rotation keine Tageszeiten möglich sind! – 2. Jeder Punkt der Erdoberfläche (abgesehen von den Polen) durchläuft infolge der Rotation in 24 Stunden eine Kreisbahn von 360° . Wieviel Grad sind es in einer Stunde? Welcher Zeitunterschied besteht von Meridian zu Meridian? – 3. Bei der Behandlung der Sowjetunion lernten Sie Zeitzonen kennen. Berichten Sie darüber!

2. Die Revolution der Erde

Seit Johannes Kepler ist bekannt, daß sich die Erde im Laufe eines Jahres auf einer *elliptischen* Bahn einmal um die Sonne bewegt. In einem der beiden Brennpunkte der Ellipse, die nur wenig von einem Kreise abweicht, steht die Sonne. Die mittlere Entfernung Erde – Sonne beträgt 149,5 Millionen km, die mittlere Bahngeschwindigkeit der Erde 30 km/s.

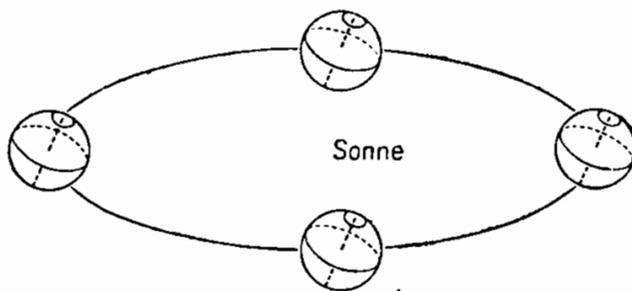


Die Erdbahn um die Sonne, schräg von oben gesehen

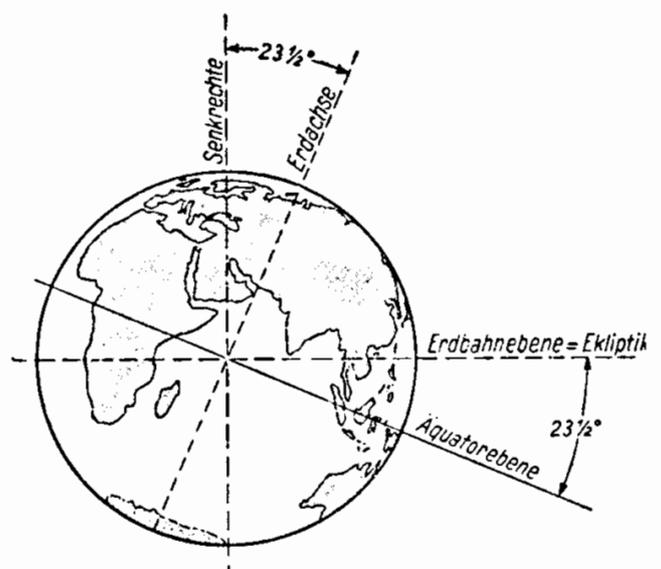
Sonnenerferne	$a = 152$ Mill. km
Sonnennähe	$b = 147$ Mill. km

Beim Umlauf der Erde um die Sonne fallen Bahnebene und Äquatorebene *nicht* zusammen. Sie sind um etwa $23\frac{1}{2}^\circ$ gegeneinander geneigt. Die Erdachse steht also nicht senkrecht auf der Bahnebene; sie weicht um $23\frac{1}{2}^\circ$ von der Senkrechten auf der Bahnebene ab.

Die Erdachse behält ihre Neigung und Richtung an jedem Punkt der Erdbahn fast unverändert bei.



oben: Umlauf der Erde um die Sonne
rechts: Neigung der Bahnebene gegen die Äquatorebene im Querschnitt



Die Revolution der Erde, wie sie die vorstehenden Abbildungen zeigen, hat folgende Auswirkung: Ein halbes Jahr lang ist die Nordhalbkugel der Sonne zugewandt. Sie hat in dieser Zeit ihr Sommerhalbjahr; denn die Sonnenstrahlen treffen steiler auf, und die empfangene Strahlungsmenge ist größer. Die Südhalbkugel ist während dieses halben Jahres von der Sonne abgewandt und empfängt eine geringere Strahlungsmenge; sie hat ihr Winterhalbjahr.

AUFGABEN: 1. Demonstrieren und erläutern Sie, wie die Verhältnisse auf beiden Halbkugeln im darauffolgenden halben Jahr sind! – 2. Stellen Sie nach der Atlaskarte „Die Staaten der Erde“ Orte gegenüber, die entgegengesetzte Jahreszeiten und Tageslängen aufweisen!

Betrachten wir nun genauer die Auswirkungen der Einstrahlungsverhältnisse an vier bestimmten Tagen des Jahres. (Beachten Sie auch Seite 12!)

Stellung am 21. 6. (Sommeranfang)

An diesem Tage ist die Nordhalbkugel am weitesten der Sonne zugewandt. Der Tagbogen der Sonne ist auf der Nordhalbkugel am längsten. Alle Orte auf dem 50. Breitenkreis (Nord) haben zum Beispiel etwa 16 Stunden Tag und 8 Stunden Nacht. Es ist der längste Tag des Sommerhalbjahres, in dem alle Tage länger sind als die Nächte. Dementsprechend hat die Südhalbkugel den kürzesten Tag ihres Winterhalbjahres, in dem alle Tage kürzer als die Nächte sind.

Die Sonnenstrahlen reichen am 21. 6. auf der Nordhalbkugel $23\frac{1}{2}^\circ$ über den Pol hinweg. Während der täglichen Rotation geht deshalb für alle Orte zwischen $66\frac{1}{2}^\circ$ N und 90° N die Sonne nicht unter. (Am rotierenden Globus überprüfen!) Dieser *Polartag*¹ dauert an den Polen ein halbes Jahr (am Nordpol vom 21. 3. bis 23. 9.). Am Südpol herrscht zur gleichen Zeit die *Polarnacht*². Über allen Orten in $23\frac{1}{2}^\circ$ N steht mittags die Sonne senkrecht (im Zenit).

AUFGABEN: 1. Während des ganzen Jahres halbiert die Tag- und Nachtgrenze den Äquator. Wieviel Stunden ist dort Tag, wieviel Stunden Nacht? – 2. Begründen Sie, warum die Südpolarkappe zwischen $66\frac{1}{2}^\circ$ S und 90° S am 21. 6. Polarnacht hat!

Stellung am 21. 12. (Winteranfang)

Sämtliche Verhältnisse sind gegenüber der Stellung am 21. 6. vertauscht. Beantworten Sie unter Zuhilfenahme der Zeichnung auf Seite 12 folgende Fragen:

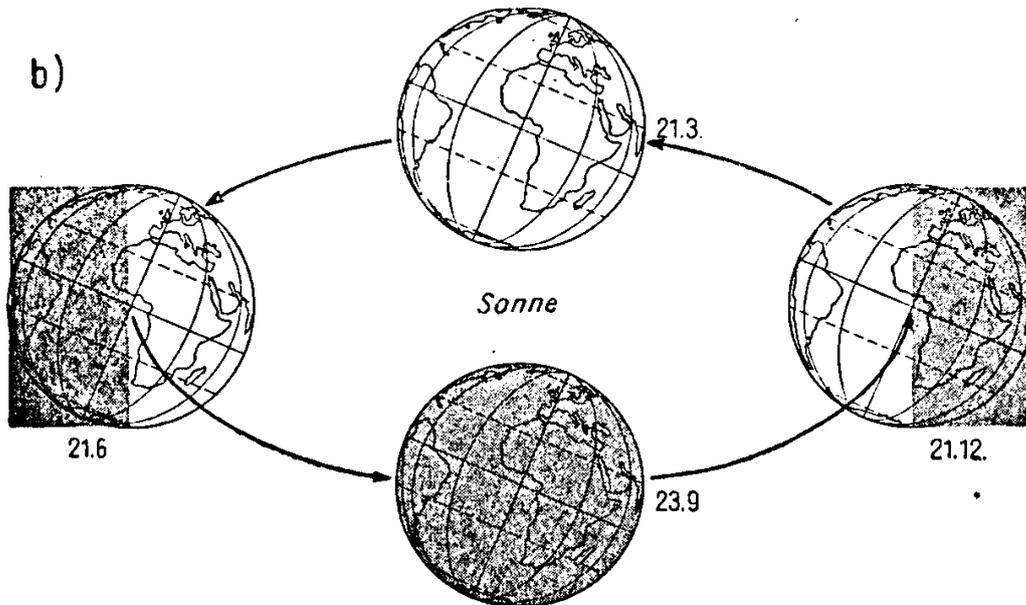
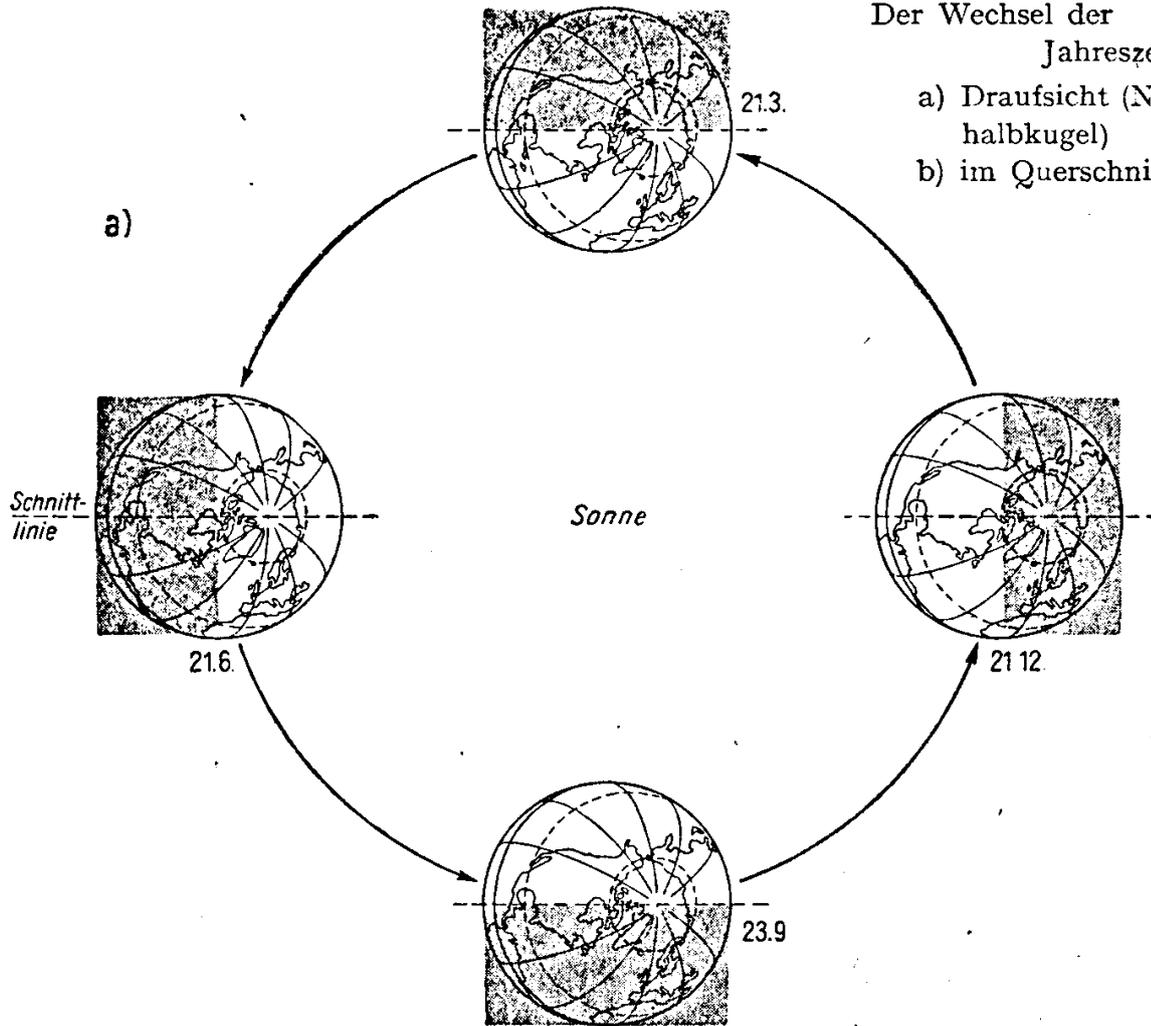
1. Welche Jahreszeiten herrschen auf beiden Halbkugeln entsprechend ihrer Stellung zur Sonne?

¹ Polartag – der Zeitraum, in dem die Sonne innerhalb der Polarzone länger als 24 Stunden *über* dem Horizont bleibt.

² Polarnacht – der Zeitraum, in dem die Sonne innerhalb der Polarzone länger als 24 Stunden *unter* dem Horizont bleibt.

Der Wechsel der Jahreszeiten

- a) Draufsicht (Nordhalbkugel)
- b) im Querschnitt



2. In welcher geographischen Breite steht die Sonne mittags im Zenit?
3. In welcher geographischen Breite herrscht Polartag, in welcher Polarnacht?
4. Wie ist das Verhältnis von Tagdauer und Nachtdauer
 - a) auf der Südhalbkugel,
 - b) auf der Nordhalbkugel,
 - c) am Äquator?

Stellung am 21. 3. und 23. 9. (Frühlingsanfang und Herbstanfang)

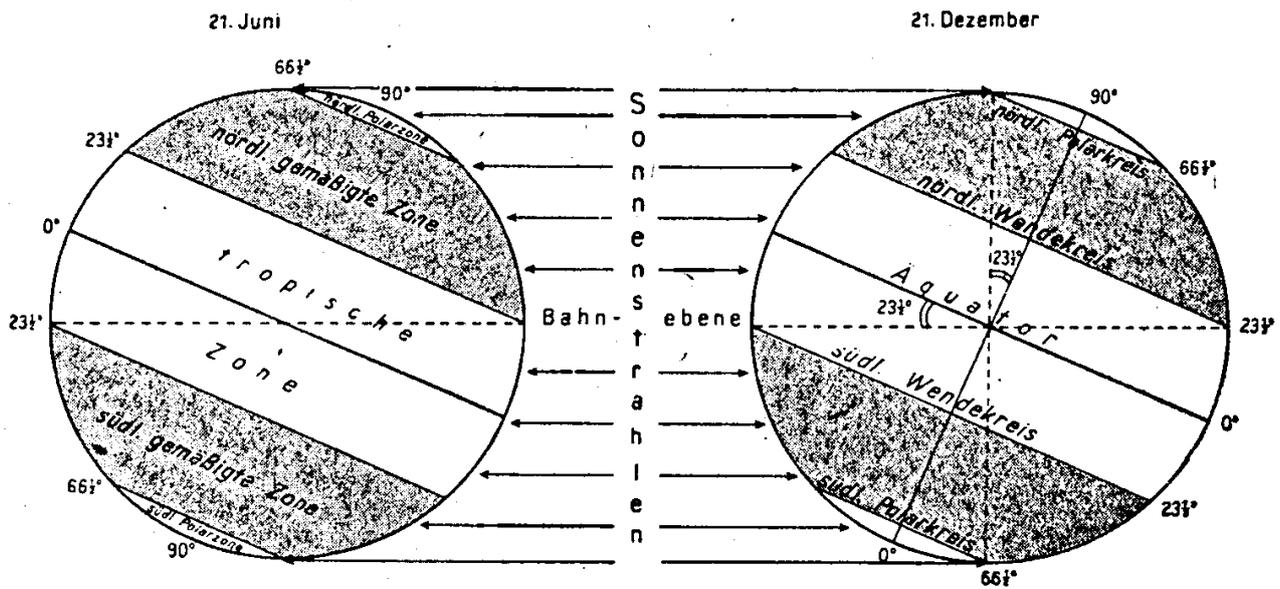
An beiden Tagen werden sämtliche Breitenkreise von der Tag- und Nachtgrenze, die über beide Pole verläuft, halbiert. Tag und Nacht sind also überall auf der Erde gleich lang. Es herrscht *Tagundnachtgleiche*.

AUFGABE: In welcher geographischen Breite steht die Sonne zur Zeit der Tagundnachtgleiche senkrecht über dem Standort des Beobachters?

Rotation und Revolution des Erdkörpers bei gleichbleibender Neigung und Richtung der Erdachse sind die Ursachen für die Entstehung der Jahreszeiten.

III. Die mathematischen Zonen der Erde

Die für die einzelnen geographischen Breiten charakteristischen Einstrahlungsverhältnisse hat man einer zonalen Einteilung der Erdoberfläche zugrunde gelegt. Die Abgrenzung erfolgt ohne Rücksicht auf Klima, Vegetation, Verteilung von Land und Meer sowie Höhenlage. Deshalb spricht man von *mathematischen Zonen*. Sie dürfen nicht mit den *Klimazonen* oder den *natürlichen Zonen* verwechselt werden,



Die mathematischen Zonen der Erde

weil deren Merkmale von mehr Faktoren abhängig sind als lediglich von der Breitenlage. (Vergleiche die Abschnitte „Die Hauptklimazonen der Erde“ und „Die natürlichen Zonen der Erde“!)

1. Die Polarzonen

Die Zonen zwischen $66\frac{1}{2}^\circ$ N (nördlicher Polarkreis) und Nordpol sowie zwischen $66\frac{1}{2}^\circ$ S (südlicher Polarkreis) und Südpol, die durch die Erscheinung von Polartag und Polarnacht gekennzeichnet sind, heißen Polarzonen.

<i>Dauer von Polartag und Polarnacht in Tagen im Nordpolargebiet</i>						
Geographische Breite	$66\frac{1}{2}^\circ$	70°	75°	80°	85°	90°
Polartag	1	65	103	134	161	186
Polarnacht	1	60	97	127	153	179

Polartag und Polarnacht in gleicher geographischer Breite sind wegen der wechselnden Entfernung Erde – Sonne im Laufe des Jahres nicht gleich lang. (Im Astronomieunterricht der Klasse 12 erfahren Sie Näheres hierüber.)

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie nach der Tabelle, wie sich die Dauer von Polartag und Polarnacht von den Polarkreisen zu den Polen hin ändert! - 2. Suchen Sie auf der Atlaskarte „Nordpolargebiet“ Orte beziehungsweise Gebiete, die in den oben angegebenen geographischen Breiten liegen!

Da die Polarkappen im Jahresdurchschnitt geringere Strahlungsmengen empfangen als die anderen Erdzonen, herrscht in den Polarzonen kaltes Klima.

2. Die tropische Zone

In der Zone zwischen $23\frac{1}{2}^\circ$ N (nördlicher Wendekreis) und $23\frac{1}{2}^\circ$ S (südlicher Wendekreis) herrscht während des ganzen Jahres hoher Sonnenstand. Deshalb sind auch die Temperaturen das ganze Jahr hindurch hoch. Nur in dieser Zone kann die Sonne mittags im Zenit stehen.

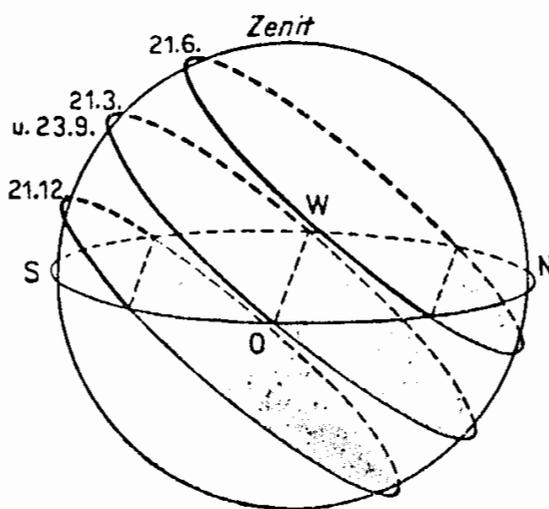
Geographische Breite	Mittagshöhe der Sonne am			
	21. 3.	21. 6.	23. 9.	21. 12.
$23\frac{1}{2}^\circ$ N	$66\frac{1}{2}^\circ$	90°	$66\frac{1}{2}^\circ$	43°
0°	90°	$66\frac{1}{2}^\circ$	90°	$66\frac{1}{2}^\circ$
$23\frac{1}{2}^\circ$ S	$66\frac{1}{2}^\circ$	43°	$66\frac{1}{2}^\circ$	90°

Mittagshöhe = Winkel zwischen dem Sehstrahl zur Sonne und seiner Projektion auf die Horizontebene, gemessen am Mittag.

AUFGABEN: 1. Überlegen Sie, in welcher Himmelsrichtung ein Beobachter am Äquator am 21. 6. die Sonne $66\frac{1}{2}^\circ$ über seinem Horizont sieht! – 2. Wie oft im Laufe eines Jahres steht die Sonne im Zenit a) am Äquator, b) an den Wendekreisen, c) zwischen den Wendekreisen? – 3. Erläutern Sie den Begriff Sonnenwende!

3. Die gemäßigten Zonen

Sie liegen zwischen den polaren Zonen und der tropischen Zone. In beiden gemäßigten Zonen sind die Einstrahlungsverhältnisse in den einzelnen Jahreszeiten sehr unterschiedlich. Dementsprechend sind auch die Unterschiede zwischen Tag- und Nachtdauer groß. Hoher Sonnenstand im Sommer wechselt mit niedrigem Sonnenstand im Winter.

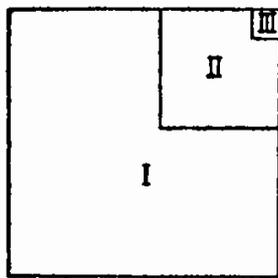


Tagbogen und Nachtbogen der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten in der gemäßigten Zone (50° N). – 1. Erläutern Sie die wechselnde Mittagshöhe der Sonne sowie die Verschiebung der Auf- und Untergangspunkte! – 2. Fertigen Sie eine Skizze Ihres heimatlichen Horizonts (von NO über S nach NW reichend) an, und markieren Sie in Abständen von 4 Wochen die Auf- und Untergangspunkte der Sonne!

Die Stärke der Sonneneinstrahlung ist in den verschiedenen geographischen Breiten unterschiedlich. Hieraus ergeben sich die mathematischen Zonen der Erde. Zu allen Jahreszeiten herrschen täglich hoher Sonnenstand in der tropischen Zone und niedriger Sonnenstand in beiden polaren Zonen. In den gemäßigten Zonen sind die jahreszeitlichen Einstrahlungsunterschiede am größten.

B. Die Lufthülle der Erde

Die irdische Luft (Atmosphäre) hüllt den gesamten Erdkörper ein. Sie wird von der Schwerkraft festgehalten und nimmt an der Rotation teil. Ohne Atmosphäre gäbe es kein Leben auf der Erde, keine Winde, Wolken und Niederschläge, keine erträglichen Temperaturen. Wie beim Mond würden die Temperaturen tagsüber bis auf $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ansteigen und nachts auf $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ absinken.



I Stickstoff	78,08%
II Sauerstoff	20,95%
III Argon	0,93%
CO ₂	0,03%
Edelgase (außer Argon)	} 0,01%
Wasserstoff	
Ozon	
	100,00%

Die Zusammensetzung der Luft bis etwa 100 km Höhe (ohne Wasserdampf und feste Teilchen)

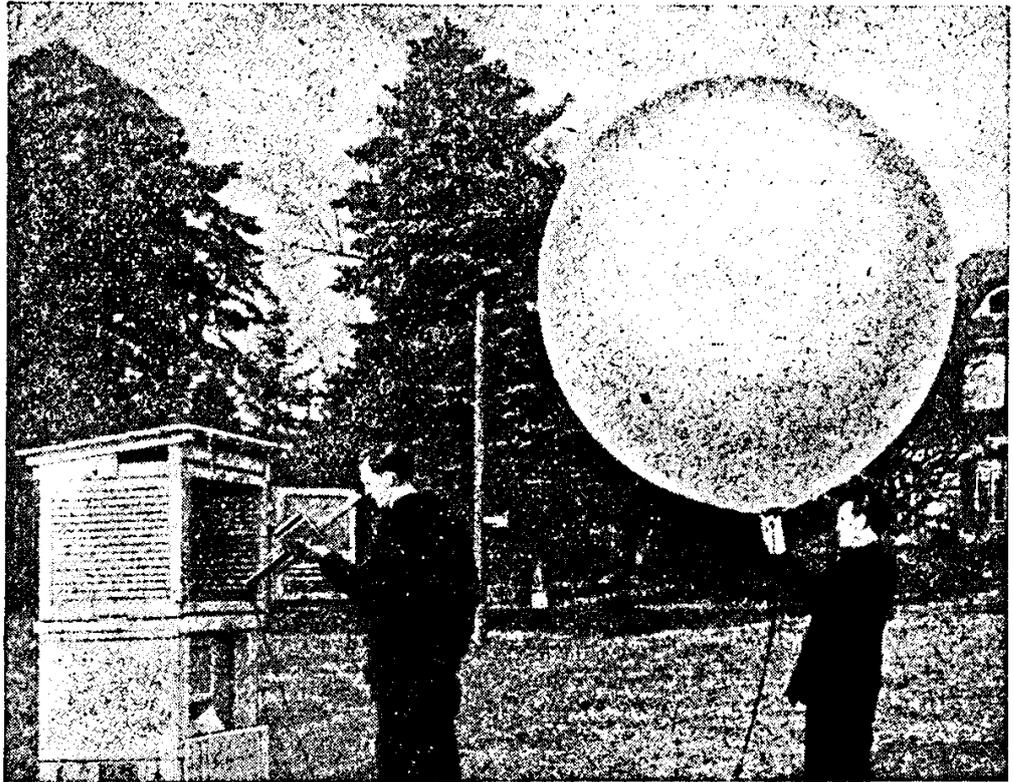
Die Luft ist ein Gasgemisch.

I. Aufbau der Lufthülle

Mit der Industrialisierung Europas und dem damit verbundenen raschen Aufschwung von Wissenschaft und Technik um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert begannen die Menschen, auch den Aufbau, die Eigenschaften und die Vorgänge in der Atmosphäre systematisch zu erforschen.

Der Besteigung hoher Gipfel und den Höhenfahrten im offenen Korb des Luftballons war lange Zeit bei Höhen von 7000 m eine Grenze gesetzt, da Sauerstoffgeräte noch nicht zur Verfügung standen. Als erster hat der deutsche Naturforscher Alexander von Humboldt während einer wissenschaftlichen Forschungsreise im Jahre 1802 in den Kordillern Südamerikas (am Chimborazo) eine Höhe von fast 6000 m erstiegen. In viel größere Höhen gelangte man, als später Ballons mit luftdicht abgeschlossener Gondel gebaut wurden. Im Jahre 1932 erreichte der Schweizer Physiker Piccard mit einem solchen Ballon eine Höhe von rund 17 km; 1933 gelang es drei sowjetischen Fliegern, bis in 19 km Höhe aufzusteigen. Im Jahre 1962 stellte der sowjetische Flieger Pjotr Ostapenko mit einer „Je-166“ einen neuen Höhenweltrekord mit 22680 m auf. Mit dieser Leistung übertraf er den im Dezember 1961 aufgestellten Weltrekord des Amerikaners J. Ellis um mehr als 2400 m.

Aufstieg einer
Radiosonde



Um ein möglichst genaues Bild vom Zustand der erdnahen Atmosphäre an vielen Stellen zu gewinnen, werden heute täglich von zahlreichen Forschungsstationen Radiosonden in die Atmosphäre entsandt. Das sind kleine Ballons mit Instrumenten, die laufend Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit messen und automatisch über einen kleinen Sender an die Bodenstationen melden. Durch Funkpeilung lassen sich mit Hilfe der Radiosonden auch Windrichtung und -stärke ermitteln. Radiosonden erreichen Höhen von mehr als 30 km.

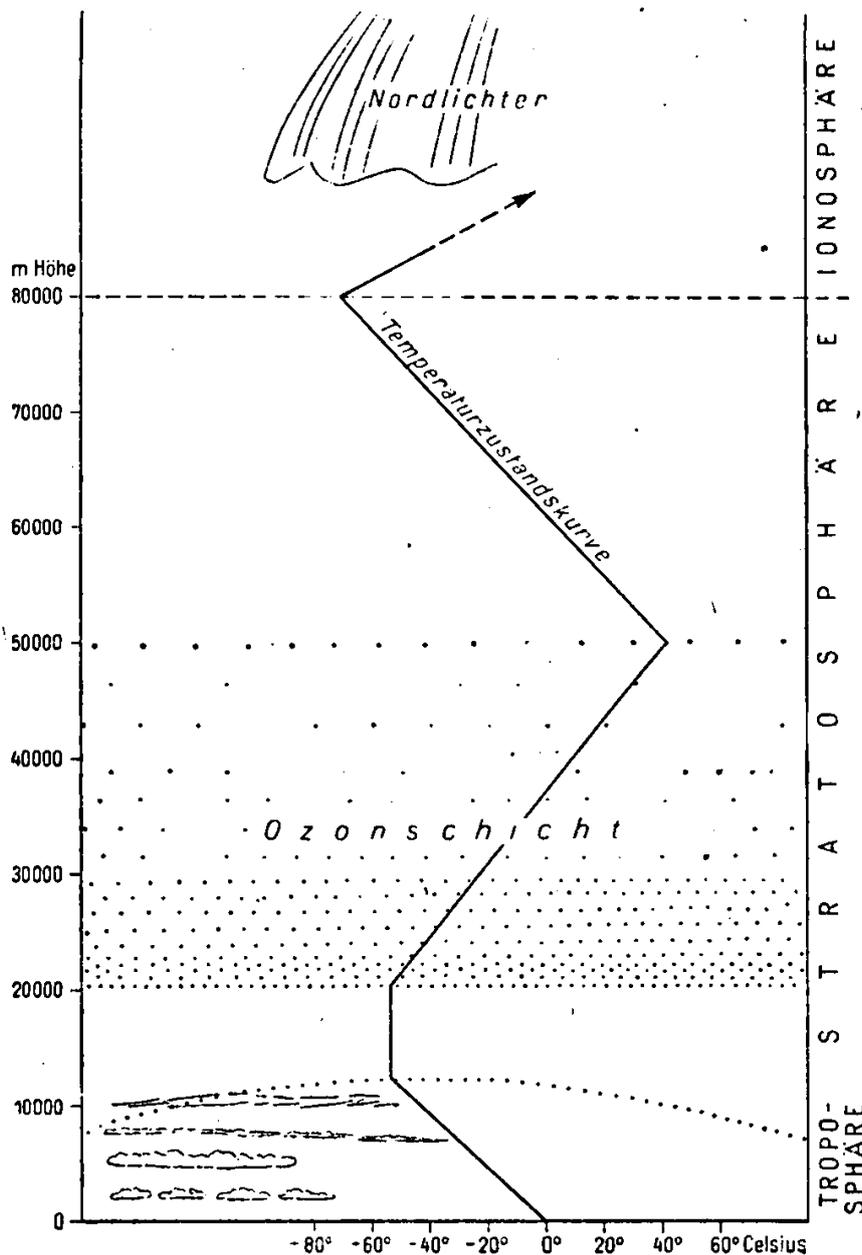
In den höheren Luftschichten dehnt sich der Ballon wegen des immer geringer werdenden Außendrucks so stark aus, daß er schließlich zerplatzt. Die Radiosonde schwebt dann an einem kleinen Fallschirm zur Erde.¹ Durch Auswertung der Ergebnisse der Sondenaufstiege erhält man ein gutes Bild vom Zustand der erdnahen Atmosphäre. Auf dem Gebiet unserer Republik gibt es vier Radiosondenstationen, in Wernigerode, Lindenberg (Krs. Beeskow), Greifswald und Dresden.

In der jüngsten Zeit sind die höheren Schichten der Atmosphäre mit Hilfe von Raketen erforscht worden. Seit dem Jahre 1957 liefern vor allem die künstlichen Erdsatelliten und Raumschiffe reiches Forschungsmaterial.

Nach dem neuesten Stand der Forschung wird die Atmosphäre in verschiedene Stockwerke gegliedert, die sich durch bestimmte Eigenschaften voneinander unterscheiden.

¹ Jeder Finder einer Radiosonde ist zur Ablieferung verpflichtet. Er erhält einen Finderlohn. Die Anschrift befindet sich an der Sonde.

Der Stockwerkbau der Atmosphäre



1. Die Troposphäre

Als unterstes Stockwerk reicht sie an den Polen bis etwa 8 km Höhe, am Äquator bis etwa 17 km Höhe. In unseren Breiten ist sie etwa 11 bis 12 km hoch.

Kennzeichen der Troposphäre:

- a) Sie enthält fast den gesamten in der Atmosphäre vorkommenden Wasserdampf. Nur in der Troposphäre können sich deshalb Wolken bilden, die bekanntlich durch Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes entstehen. Das gesamte sichtbare Wettergeschehen spielt sich in der Troposphäre ab, die deswegen auch *Wettersphäre* genannt wird.

b) Die Lufttemperatur nimmt im allgemeinen in der Troposphäre von unten nach oben ab (vergleiche Seite 21). An der Obergrenze der Troposphäre herrschen Temperaturen zwischen -50 und -65 °C.

c) Der Luftdruck (das ist das Gewicht einer Luftsäule über 1 cm^2 der Erdoberfläche) ist in Meeresspiegelhöhe am größten (vergleiche Abschnitt Luftdruck und Winde). Er verringert sich, je höher wir in die Atmosphäre emporsteigen. In etwa 5 km Höhe beträgt er nur noch die Hälfte und in etwa 16 km Höhe nur noch ein Zehntel des Drucks in Meeresspiegelhöhe.

Daß Bergsteiger und Flieger schon in 7000 m Höhe Sauerstoffgeräte benutzen müssen, liegt nicht daran, daß sich die Zusammensetzung der Luft geändert hätte. Sie zeigt vielmehr bis fast 100 km Höhe die gleiche prozentuale Verteilung der einzelnen Gase. Die Luft ist jedoch in dieser Höhe bereits so dünn, daß es deswegen an Sauerstoff mangelt.

Die unterste Schicht der Troposphäre, die *bodennahe Schicht*, reicht bis in 2 m Höhe und ist der Lebensbereich der meisten Tiere und Pflanzen. Bodenerhebungen, Gebäude, Pflanzenwuchs und die Nähe des Erdbodens schaffen in ihr besondere klimatische Bedingungen, die von Ort zu Ort recht unterschiedlich sind. (Siehe Abschnitt „Das Kleinklima“!)

2. Die Stratosphäre

Oberhalb der Troposphäre beginnt die Stratosphäre, die bis etwa 80 bis 100 km Höhe reicht. Zwischen beiden Schichten liegt eine 2 bis 4 km- starke Übergangsschicht, die *Tropopause*. Die Tropopause beginnt in verschiedenen Höhen (vergleiche Höhe der Troposphäre). Ihre Höhenlage schwankt in den verschiedenen Jahreszeiten und mit der Wetterlage.

Die Temperaturen innerhalb der Stratosphäre bleiben von der Tropopause bis zu einer Höhe von etwa 20 km konstant. Dann erfolgt in der Ozonschicht ein Temperaturanstieg bis auf 50 °C. Erst von 50 km Höhe an sinkt die Temperatur dann wieder ab und erreicht an der Obergrenze der Stratosphäre -70 bis -80 °C.

3. Die Ionosphäre

Das oberste Stockwerk der Atmosphäre wird als Ionosphäre bezeichnet, weil sich in ihr durch die Einwirkung der Ultraviolettstrahlung der Sonne fortdauernd elektrisch geladene Teilchen, sogenannte Ionen, bilden. Die Ionisierung erzeugt elektrisch leitende Schichten, die im Funkwesen von Bedeutung sind, weil Funkwellen von ihnen reflektiert werden und eine Funkverbindung über die ganze Erde ermöglichen. Messungen, die mit Raketen und Satelliten ausgeführt wurden, ergaben, daß in der Ionosphäre die Temperaturen wieder bedeutend ansteigen (1000 bis 2000 °C). In der Ionosphäre treten auch die Polarlichter auf.

Außerhalb der Ionosphäre – von etwa 800 bis 1000 km Höhe an – geht die Luft-hülle ganz allmählich in den Weltraum über.

Die Lufthülle wird in Stockwerke eingeteilt. In der Troposphäre spielt sich das sichtbare Wettergeschehen ab.

AUFGABE: Übertragen Sie nachstehende Tabelle in Ihr Arbeitsheft und fügen Sie die fehlenden Angaben ein! (Benutzen Sie eine ganze Heftseite, damit genügend Raum für notwendige Unterteilungen vorhanden ist!)

	Höhe		Temperaturverlauf	Besonderheiten
	von	bis		
Iqnosphäre				
Stratosphäre				
Tropopause				
Troposphäre				

II. Die Wetterelemente

Der Wetterablauf in der Troposphäre ist ein komplexer Vorgang, der Sonnenschein und Regen, Wind und Wolken, Luftdruck und Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sicht, Staubgehalt und vieles andere mehr umfaßt. Die wesentlichen Wetterelemente, die im nachfolgenden betrachtet werden, sind die *Lufttemperatur*, die *Luftfeuchtigkeit* und der *Luftdruck*.

1. Die Lufttemperatur

Die wichtigste Wärmequelle für die Erde ist die Sonne. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die Sonneneinstrahlung stark von der die Erde umgebenden Atmosphäre beeinflusst wird.

Von der gesamten direkten Sonnenstrahlung erreicht nur knapp die Hälfte den Erdboden.

a) Die Erwärmung der Luft

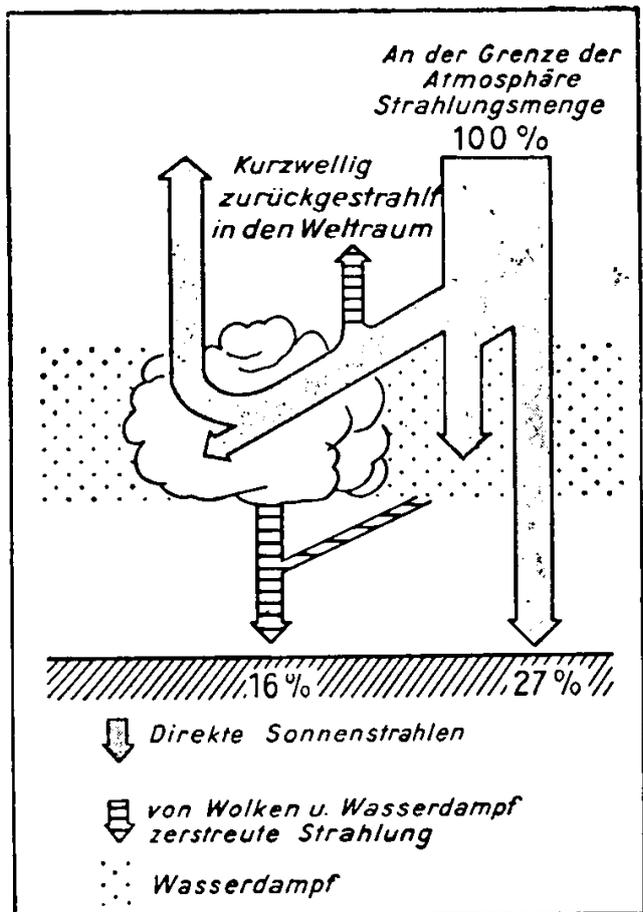
Die erdnahe Atmosphäre empfängt ihre Wärme nicht direkt durch die Einstrahlung. Die kurzwellige Sonnenstrahlung wird vielmehr am Erdboden in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt. Vom Erdboden her wird dann die darüberliegende Luft erwärmt.

Dabei ist die Erwärmung der Luft durch *Wärmeleitung* nur ganz gering, weil die Luft ein schlechter Wärmeleiter ist. Etwas stärker wirkt die *Wärmestrahlung*. Wie die Glaswände in einem Gewächshaus lassen der in den unteren Schichten der

Die durchschnittliche Verteilung der Sonneneinstrahlung. – Erläutern Sie nach der Zeichnung, wodurch die Strahlungsmenge, die die Erdoberfläche empfängt, beeinflusst wird!

Troposphäre enthaltene Wasserdampf, das Kohlendioxyd und die festen Teilchen (Staub) zwar die direkte kurzwellige Sonnenstrahlung hindurch, halten aber die vom Erdboden kommende dunkle Wärmestrahlung weitgehend zurück. Dabei erwärmen sie sich selbst und die sie umgebende Luft.

Von wesentlich größerer Bedeutung für den Wärmehaushalt der Atmosphäre ist der *Wärmetransport* durch vertikale Luftbewegungen. Die unmittelbar über dem Boden liegende Luft dehnt sich infolge der Erwärmung aus, wird leichter und steigt auf. Kältere, deshalb schwerere Luft sinkt herab und wird nun ebenfalls erwärmt.



AUFGABE: Beobachten Sie das Verhalten der Luft am heißen Ofen oder über einer brennenden Kerze, wenn vorsichtig Rauch dagegen geblasen wird!

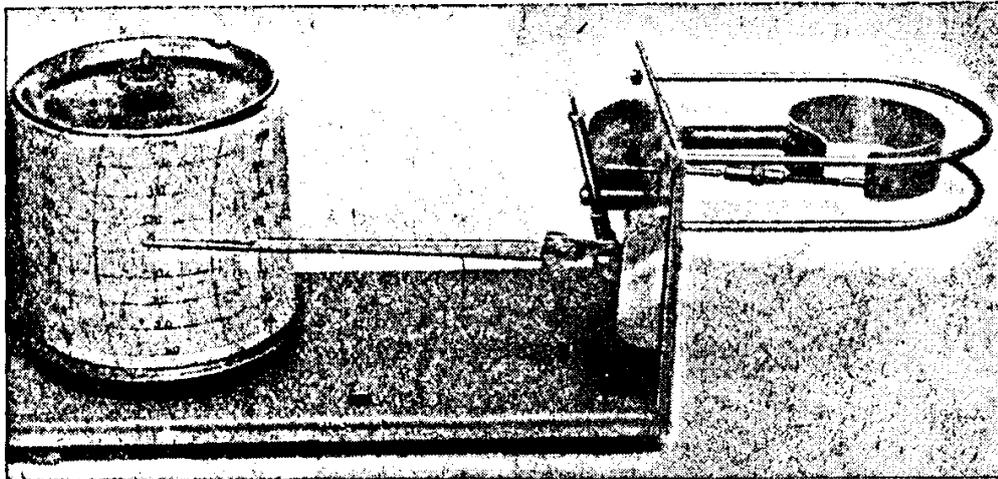
Im Durchschnitt nimmt die Lufttemperatur in den unteren Schichten der Troposphäre (bis etwa 7 km Höhe) um 0,6 bis 0,7 °C je 100 m Aufstieg beziehungsweise um 1 °C je 140 bis 170 m Höhenunterschied ab. Diese Werte werden als *thermische Höhenstufe* bezeichnet.

Mit dem Sonnenuntergang beginnt der Erdboden sich abzukühlen. Bald überträgt sich die Abkühlung auch auf die Luft, zunächst auf die der bodennahen Schicht, dann allmählich auf die darüberliegenden Schichten.

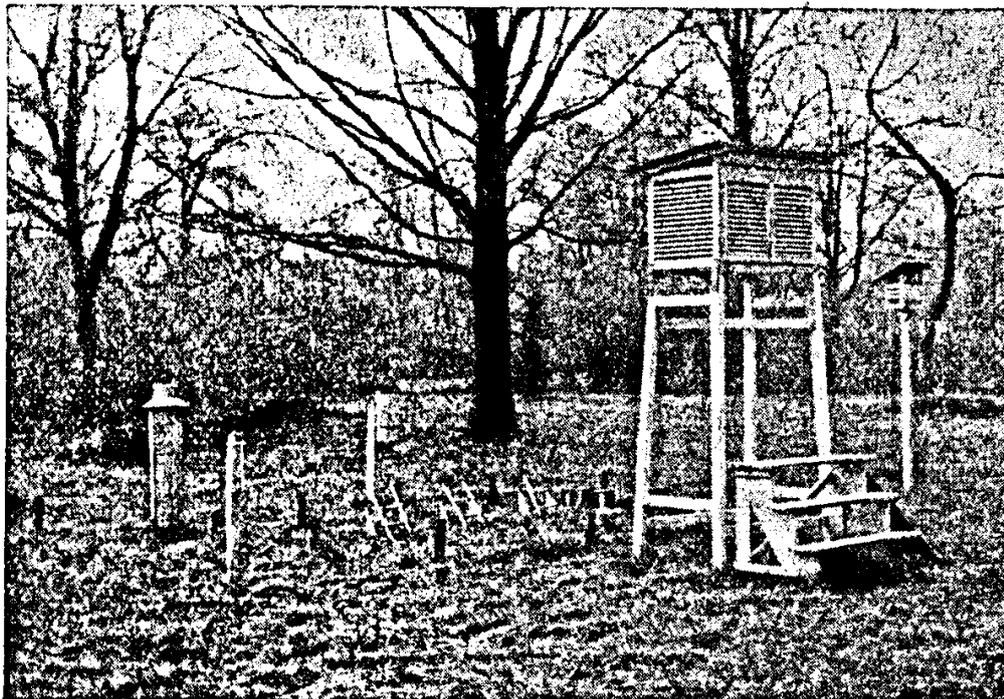
Die Erwärmung der Luft erfolgt vom Erdboden her, vor allem durch vertikalen Lufttransport. Die thermische Höhenstufe ist das Maß für das von unten nach oben gerichtete Temperaturgefälle.

b) Der tägliche Temperaturgang

Zum Messen der Lufttemperatur werden neben Thermometern auch Thermographen benutzt.



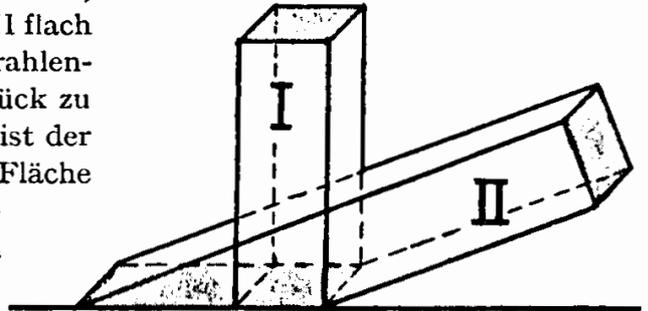
Thermograph. – Die Schreibvorrichtung des Thermographen zeichnet eine Temperaturkurve auf eine mit Millimeterpapier bespannte, sich drehende Trommel.



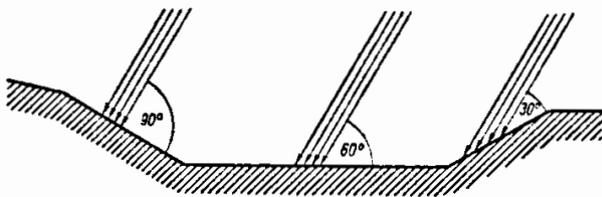
Wetterhütte. – Um die Instrumente weitgehend vor dem Einfluß von Gebäuden, Bäumen, des Erdbodens, der direkten Sonneneinstrahlung und anderer Faktoren zu bewahren, ist die Wetterhütte weiß gestrichen und 2 m über dem Erdboden aufgestellt. Durch die Jalousiewände kann die Luft ungehindert hindurchstreichen.

Der Grad der Erwärmung der Luft hängt, wenn wir von der Bewölkung und der Beschaffenheit der Erdoberfläche (Land- oder Wasseroberfläche, Vegetationsdecke) zunächst absehen, von dem Winkel ab, unter dem die Sonnenstrahlen auf den Erdboden treffen.

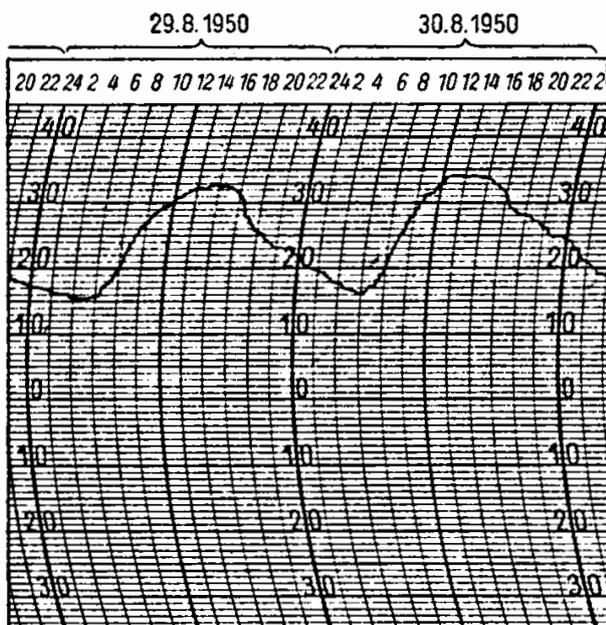
Das Strahlenbündel I trifft senkrecht, das gleich starke Strahlenbündel II flach auf den Erdboden auf. Da das Strahlenbündel II ein größeres Flächenstück zu erwärmen hat als das Bündel I, ist der Grad der Erwärmung dieser Fläche geringer, demzufolge auch die Erwärmung der darüberliegenden Luft.



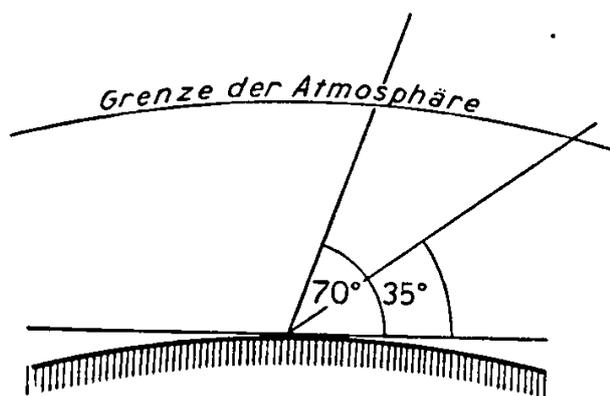
Je steiler die Sonnenstrahlen auf den Erdboden treffen, um so mehr wird die darüber befindliche Luft vom Erdboden her erwärmt.



Der Einfall der Sonnenstrahlen im Gelände bei einer Mittagshöhe von 60° . – 1. Bezeichnen Sie in der Abbildung die Stellen der größten Erwärmung, und weisen Sie den Einfluß von Hangneigung und -richtung auf den Grad der Erwärmung nach! – 2. Warum werden in unseren Breiten vorwiegend die Südhänge für den Weinbau genutzt? Welche Flußläufe in der Deutschen Demokratischen Republik tragen an ihren Südhängen stellenweise Weinkulturen?



Der Temperaturverlauf bei hochsommerlichem, wolkenlosem Wetter. – Erläutern Sie diese von einem Thermographen bei wolkenlosem Wetter aufgezeichnete Temperaturkurve! Inwiefern spiegelt sie den im Laufe des Tages wechselnden Auftreffwinkel der Sonnenstrahlen wider?



Der unterschiedliche Weg der Sonnenstrahlen am Morgen oder Abend und am Mittag

Die Strahlungsenergie, die der Erdboden in den Morgen- und Abendstunden erhält, ist auch deswegen geringer als zur Mittagszeit, weil bei niedrigem Sonnenstand der Weg der Strahlen durch die Atmosphäre länger ist und dabei mehr Strahlung verlorengeht.

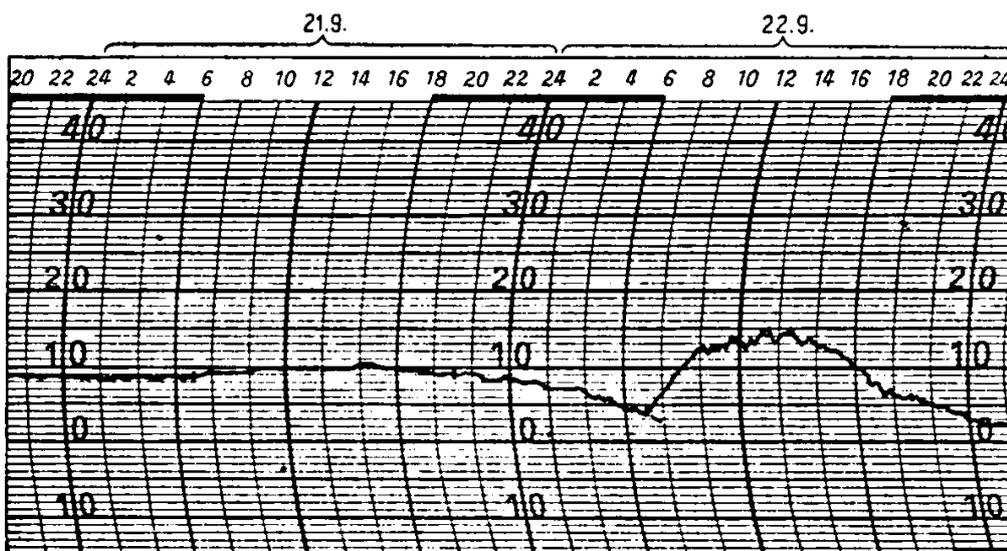
Da sich die vom Erdboden aufgenommene Wärme nur allmählich auf die unteren Luftschichten überträgt, fällt das tägliche Temperaturmaximum nicht mit dem mittäglichen Sonnenhöchststand zusammen, sondern tritt erst etwa zwei Stunden später auf.

Die während der Nacht erfolgende Ausstrahlung dauert bis zum Sonnenaufgang, zum Teil noch danach an. Erst dann kommt es bei ungehinderter Ausstrahlung zum täglichen Temperaturminimum.

Die tägliche Wärmeschwankung der Luft ist abhängig vom Auftreffwinkel der Sonnenstrahlen und vom Grad der Bewölkung.

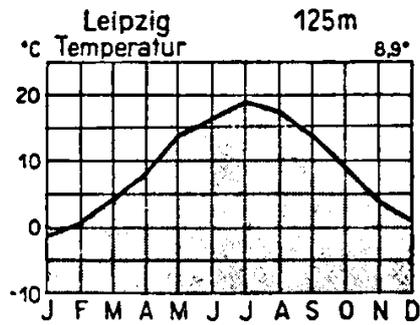
Das tägliche Temperaturmaximum ist gegenüber der Sonnenkulmination verzögert; das tägliche Temperaturminimum liegt bei Sonnenaufgang.

Abbildung unten: Tagesgang der Temperatur in Bad Reiboldsgrün (Vogtland) an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (am 21. 9. geschlossene Wolkendecke und am 22. 9. heiter). - Erläutern Sie aus den Ein- und Ausstrahlungsverhältnissen die geringe Tagesschwankung der Temperatur am 21. 9. und die Änderung des Kurvenverlaufs am 22. 9.!



c) Der jährliche Temperaturgang

Einen genauen Überblick über die Temperaturverhältnisse eines Ortes im Verlauf eines Jahres erhält man am besten durch eine graphische Darstellung.



Jahresgang der Lufttemperatur in Leipzig

Der Verlauf einer derartigen Temperaturkurve wird bestimmt durch die *mittlere Temperatur* eines jeden Monats.

Errechnung der Mittelwerte:

Die *mittlere Tagestemperatur* wird gewonnen aus viermaligem Ablesen des Thermometerstandes um 1 Uhr (a), 7 Uhr (b), 13 Uhr (c) und 19 Uhr (d).

$$\text{Tagesmittel also } \frac{a + b + c + d}{4}$$

Bei nur dreimaligem Ablesen um 7 Uhr (a), 14 Uhr (b) und 21 Uhr (c) wird der letzte Wert verdoppelt.

$$\text{Tagesmittel also } \frac{a + b + 2c}{4}$$

An Schulwetterstationen, die über ein Maximum- und Minimumthermometer verfügen, wird auch die Formel $\frac{\text{Maximum} + \text{Minimum}}{2}$ benutzt.

Die *mittlere Monatstemperatur* ergibt sich aus der Summe der Tagesmittel, geteilt durch die Anzahl der Tage.

Die *mittlere Jahrestemperatur* wird aus der Summe der Monatsmittel, geteilt durch 12, errechnet.

Monats- und Jahresmittelwerte sind Durchschnittswerte, die aus Beobachtungen über mehrere Jahrzehnte hinweg resultieren. Die Temperaturkurve in der Abbildung „Jahresgang der Lufttemperatur in Leipzig“ zum Beispiel wurde berechnet für den Zeitraum von 1881 bis 1930.

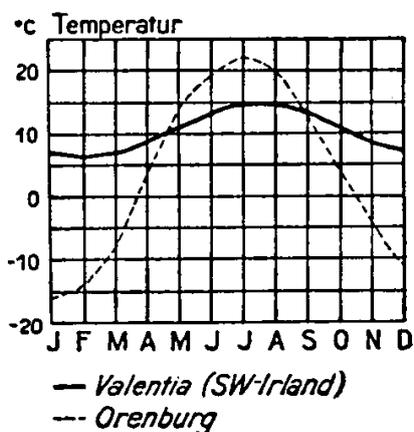
AUFGABEN: 1. Messen Sie an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen die Temperaturen um 7 Uhr, 14 Uhr und 21 Uhr (Thermometer in der Wetterhütte aufhängen)! Errechnen Sie jeweils die mittlere Tagestemperatur! Vergleichen Sie mit dem Wetterbericht! - 2. Erläutern Sie, inwiefern die Abbildung „Jahresgang der Lufttemperatur in Leipzig“ die unterschiedlichen Einstrahlungsverhältnisse im Sommer- und Winterhalbjahr widerspiegelt! In welchem Monat liegt das Temperaturmaximum, in welchem das Temperaturminimum?

Wie beim täglichen sind auch beim jährlichen Temperaturgang die Maxima und Minima gegenüber dem Sonnenhöchst- beziehungsweise -tiefstand verzögert. Sie liegen deshalb im Juli und Januar.

Erst die Kenntnis der jährlichen Temperaturschwankung zwischen wärmstem und kältestem Monat gestattet es, Aussagen über die Temperaturverhältnisse eines Ortes zu machen. Der Jahresmittelwert ist praktisch ohne Bedeutung.

Die jährliche Temperaturschwankung ist vor allem von der Verteilung von Land und Meer abhängig. Im Inneren der Kontinente ist die jährliche Temperaturschwankung groß; es herrschen *kontinentale Temperaturverhältnisse*. In Meeresnähe ist sie gering; wir sprechen dann von *maritimen Temperaturverhältnissen* (lat. *maritimus* zum Meere gehörig).

Im Sommer erwärmen sich die Meere langsam und mäßig, im Winter geben sie die gespeicherte Wärme nur allmählich ab. Die Lufttemperaturen über meeresnahen Ländern werden deshalb im Sommer durch das Einströmen kühler Meeresluft herabgesetzt, im Winter dagegen durch mildere Meeresluft erhöht. Die großen Landmassen, zum Beispiel der asiatische Landblock, erhitzen sich im Sommer schnell und stark, im Winter kühlen sie aber ebenso rasch und tief aus.



Temperaturkurven von Valentia (51° 56' N; 10° 15' W; 9 m über NN) und Orenburg (51° 45' N; 55° 6' O; 114 m über NN). – Lesen Sie die jährliche Temperaturschwankung für beide Stationen ab, und begründen Sie die unterschiedlichen Verhältnisse!

AUFGABEN: 1. Erklären Sie, wie tägliche und jährliche Temperaturschwankungen zustande kommen! – 2. Warum sind Tages- und Jahresmaxima gegenüber dem Sonnenhöchststand verzögert? Begründen Sie auch die Verzögerung der Minima!

Die Jahresschwankung der Lufttemperatur wird wesentlich von der Verteilung von Land und Wasser beeinflusst. Die jährlichen Temperaturmaxima beziehungsweise -minima sind gegenüber dem Sonnenhöchst- beziehungsweise -tiefststand verzögert.

d) Kartographische Darstellung von Temperaturwerten

Die durchschnittlichen Temperaturverhältnisse eines Ortes oder größeren Gebiets lassen sich zu Vergleichszwecken auf Karten rasch überblicken, wenn alle Orte mit gleichen mittleren Januar- oder Julitemperaturwerten durch eine Linie miteinander

verbunden werden. Diese Linien heißen *Isothermen* (Januarisothermen, Juliisothermen). Jahresisothermen haben geringere Bedeutung, da sie keinerlei Aufschluß über die Beziehungen zwischen dem Jahresgang der Temperatur und der Vegetationsperiode geben.

Wäre die Temperaturverteilung auf der Erde lediglich von der Breitenlage abhängig, müßten die Isothermen alle parallel zu den Breitenkreisen verlaufen. Der Wechsel von Land und Meer, die Höhenlage, warme und kalte Meeresströmungen stören den Verlauf der Isothermen jedoch erheblich.

AUFGABEN: 1. Warum ist der Isothermenverlauf in den höheren Breiten der Nordhalbkugel stärker gestört als in den gleichen Breiten der Südhalbkugel? – 2. Inwiefern macht sich der warme Golfstrom im Verlauf der 0°- und 10°-Januarisothermen bemerkbar (Atlaskarte „Erde, Januar- und Julitemperaturen“)? – 3. Welchen Einfluß haben größere Gebirgszüge auf die Temperaturverteilung und damit auf den Isothermenverlauf? Denken Sie an die thermische Höhenstufe! Kontrollieren Sie an Hand der Karte „Mitteleuropa, Januar- und Juliisothermen“!

In die Isothermenkarten unseres Atlases sind die wirklichen Temperaturwerte eingetragen. Um die Temperaturverteilung ohne Einfluß der Höhenlage eines Ortes zu Vergleichszwecken darzustellen, werden die wirklichen mittleren Januar- oder Julitemperaturwerte unter Zugrundelegung der thermischen Höhenstufe auf Meeresspiegelhöhe reduziert. Die Isothermenkarte trägt dann einen entsprechenden Vermerk. Es wird also die Temperatur eingetragen, die am Ort herrschen würde, wenn er in Meeresspiegelhöhe läge.

Beispiel: Auf dem Großen Inselsberg (916 m) herrscht in 900 m Höhe ein wirkliches Julimittel von 12,5 °C. Unter Zugrundelegung einer thermischen Höhenstufe von 0,6 °C je 100 m beträgt der reduzierte Wert 17,9 °C (12,5 °C plus 5,4 °C).

Es ist also zu unterscheiden zwischen den Isothermen der wirklichen Temperaturwerte und den Isothermen der reduzierten Temperaturwerte.

AUFGABEN: 1. Die wirkliche mittlere Julitemperatur an einem 850 m hoch liegenden Ort beträgt 10 °C. Reduzieren Sie diesen Wert! – 2. Erfragen Sie die wirkliche mittlere Januar- und Julitemperatur Ihres Heimatortes und reduzieren Sie diese Werte!

Die Isothermen sind Linien, die Orte mit gleicher durchschnittlicher Lufttemperatur verbinden. Die Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Höhenlage wird ausgeschaltet, indem man die wirklichen Temperaturwerte auf Meeresspiegelhöhe reduziert.

2. Luftfeuchtigkeit, Wolken und Niederschläge

a) Die Luftfeuchtigkeit

Das Wasser, das an der Oberfläche des Weltmeeres und des Festlandes verdunstet, tritt als *unsichtbarer Wasserdampf* in die Troposphäre ein. Je wärmer die Luft ist, um so mehr unsichtbarer Wasserdampf kann von ihr aufgenommen werden.

Nachstehende Tabelle zeigt, wieviel Gramm Wasserdampf ein Kubikmeter Luft bei einer bestimmten Temperatur im Höchstfall enthalten kann, wie groß die *Sättigungsmenge* ist.

Das maximale Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf (Sättigungsmenge)

°C	g/m ³	°C	g/m ³	°C	g/m ³	°C	g/m ³
-10	2,2	0	4,8	10	9,4	20	17,2
-9	2,4	1	5,2	11	10,0	21	18,2
-8	2,6	2	5,6	12	10,7	22	19,3
-7	2,8	3	6,0	13	11,3	23	20,4
-6	3,0	4	6,4	14	12,0	24	21,6
-5	3,3	5	6,8	15	12,8	25	22,9
-4	3,5	6	7,3	16	13,6	26	24,2
-3	3,8	7	7,8	17	14,4	27	25,6
-2	4,2	8	8,3	18	15,3	28	27,0
-1	4,5	9	8,8	19	16,2	29	28,5

AUFGABE: Stellen Sie die Abhängigkeit der Sättigungsmenge von der Lufttemperatur in einer Kurve dar (benutzen Sie Millimeterpapier; je 1°C und 1 g/m³ 1/2 mm)!

Die Luft kann nie mehr Wasserdampf enthalten, als sie ihrer Temperatur entsprechend aufzunehmen vermag. Wird die Sättigungsmenge überschritten, dann tritt *Kondensation* ein: Der überschüssige Wasserdampf wird nunmehr in Gestalt feinsten Wassertröpfchen als Wolken, Nebel oder Tau sichtbar. Der Temperaturwert, bei dem die Kondensation einsetzt, heißt *Taupunkt*.

AUFGABEN: 1. Wieviel g Wasser müssen durch Kondensation aus einem Kubikmeter gesättigter Luft mit einer Temperatur von 10 °C ausgeschieden werden, wenn die Temperatur auf 4 °C sinkt? – 2. Wieviel g Wasserdampf kann ein Kubikmeter gesättigter Luft mit einer Temperatur von 7 °C noch aufnehmen, wenn die Temperatur auf 15 °C steigt?

Die Menge des tatsächlich in der Luft enthaltenen Wasserdampfes ist ihre *absolute Feuchtigkeit*. Wie das folgende Beispiel zeigt, ist ihre Aussagekraft für die Praxis jedoch gering: Bei einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 4,8 g/m³ und einer Luft-

temperatur von 38,9 °C springen in der Sahara die Fingernägel, und die Haut wird brüchig. Bei der gleichen Luftfeuchtigkeit und einer Lufttemperatur von 1 °C auf der Insel Irland dagegen rostet das Eisen und quillt das Holz. Daraus wird ersichtlich, daß die Luftfeuchtigkeit immer im Zusammenhang mit der Lufttemperatur gesehen werden muß. Deswegen berücksichtigen der Wetterdienst, viele Industriezweige, Gemädegalerien und andere Einrichtungen nicht die absolute Feuchte, sondern die relative Luftfeuchtigkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit drückt in Prozent das Verhältnis der absoluten Luftfeuchtigkeit zur Sättigungsmenge aus.

$$\text{Relative Luftfeuchtigkeit} = \frac{\text{Absolute Luftfeuchtigkeit}}{\text{Sättigungsmenge}}$$

Beispiel: Lufttemperatur 15 °C

Absolute Luftfeuchte 9,6 g

Sättigungsmenge laut Tabelle 12,8 g

$$\text{Relative Luftfeuchtigkeit} = \frac{9,6}{12,8} = \frac{3}{4} \text{ oder } 75\%$$

Voll gesättigte Luft hat 100% relative Luftfeuchtigkeit.

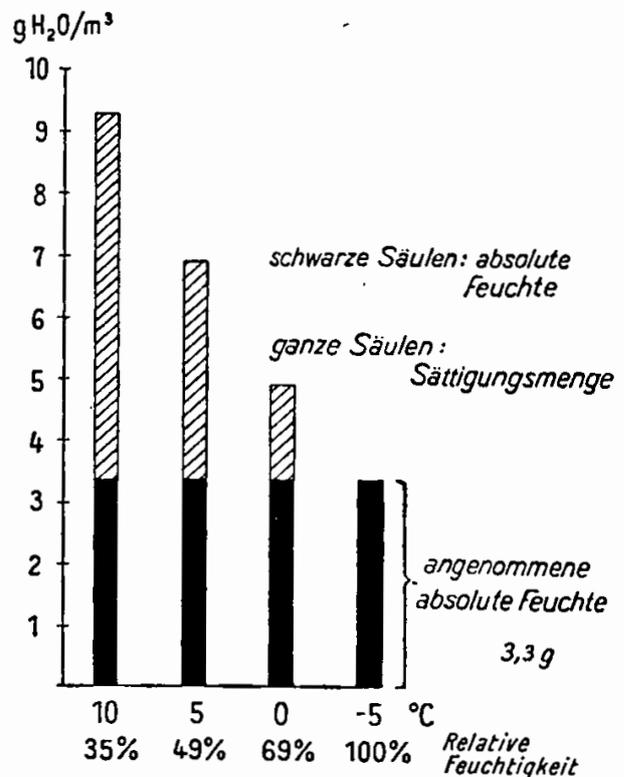
Die relative Luftfeuchtigkeit wird am einfachsten mit dem Feuchtigkeitsmesser oder Hygrometer (gr. *hydrós* feucht, naß) gemessen oder von einem Hygrographen selbständig aufgezeichnet.

Die Kondensation des Wasserdampfes zu feinsten Wassertröpfchen erfolgt an kleinsten festen Teilchen, die in der Luft schweben, wie zum Beispiel Staubkörnchen, Ruß- und Ascheteilchen oder Blütenpollen (Kondensationskernen). Deshalb sind staub- und rußreiche Industriegegenden (England) besonders nebelreich.

Die relative Luftfeuchtigkeit ist das Verhältnis der in der Luft vorhandenen Wasserdampfmenge (absolute Feuchtigkeit) zu der Wasserdampfmenge, die bei einer bestimmten Temperatur im Höchstfall in ihr enthalten sein kann (Sättigungsmenge).

Die Kondensation des Wasserdampfes an Kondensationskernen ist eine Folge des Überschreitens der Sättigungsmenge.

Diagramm zur Veranschaulichung der relativen Feuchtigkeit der Luft. - 1. Kontrollieren Sie die angegebene Höhe der relativen Luftfeuchte für die einzelnen Temperaturwerte! - 2. Was geschieht, wenn die Temperatur unter -5 °C sinkt?



b) Die Wolken

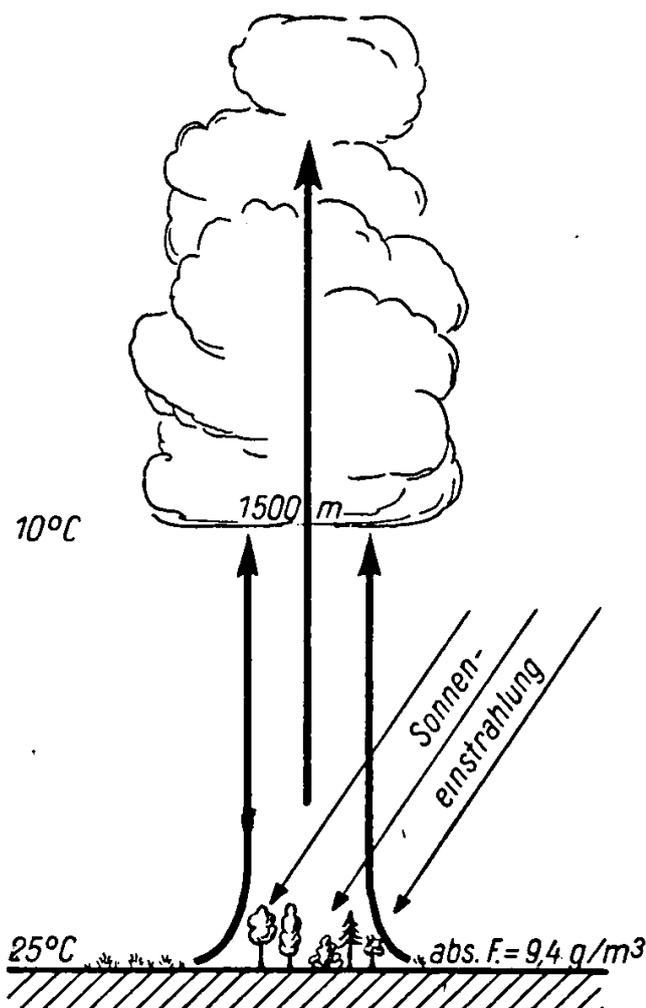
Auch bei der Wolkenbildung werden die Kondensationsvorgänge, die sich in der Atmosphäre abspielen, sichtbar.

Die unzähligen kleinen Wassertröpfchen, aus denen jede Wolke besteht, sind so winzig, daß sie sich lange Zeit schwebend in der Luft halten können. Bei rasch aufsteigender Luft werden sie in immer größere Höhen emporgetragen, wo sie bei entsprechend niedrigen Temperaturen zu feinen Eisnadeln erstarren. Bei fortschreitender Kondensation und Zusammenballung der Tröpfchen und Nadeln werden sie schließlich so schwer, daß sie zur Erde fallen.

Wolkenformen

1. *Haufen- oder Cumuluswolken* (lat. *cumulus* Haufe) entstehen meist beim Aufsteigen einzelner Warmluftströme über stark erwärmtem Erdboden oder beim ungestümen Emporwirbeln der Luft.

Wenn gegen Abend die Erwärmung des Bodens nachläßt und infolgedessen die Aufwärtsbewegung der Luft aufhört, lösen sich diese Wolken meist wieder auf. Diese Art der Bewölkung ist typisch für heiteres und trockenes Sommerwetter.



Bei bestimmten Wetterlagen kann der emporsteigende Luftstrom mehrere tausend Meter in die Höhe wachsen. Es bilden sich gewaltige Wolkentürme, die weit über die übrigen Wolkenmassen emporragen. In den obersten Teilen gefrieren die Wassertröpfchen bei den niedrigen Temperaturen zu Eiskristallen. Wegen der Mächtigkeit der Wolke, die das Licht nur sehr wenig durchdringen läßt, erscheint sie in den unteren Teilen dunkel. Diese Wolkenform ist für Gewitterwolken charakteristisch.

2. *Schicht- oder Stratuswolken* (lat. *stratus* geschichtet) entstehen, wenn sich ganze Luftschichten gleichmäßig bis unter den Taupunkt abkühlen. Dieser Vorgang spielt sich zum Beispiel ab, wenn Meeresluft durch ein Gebirge zum Aufsteigen gezwungen wird.

Wolkenbildung bei aufsteigender Warmluft.
– Erläutern Sie an Hand der Abbildung den Vorgang der Wolkenbildung!

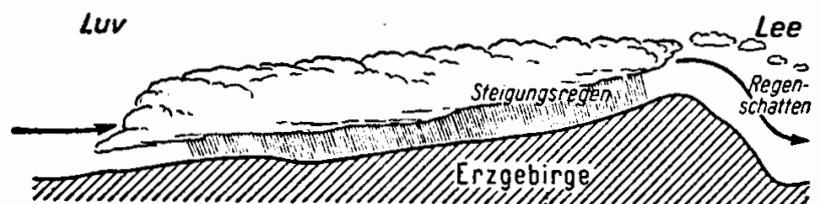


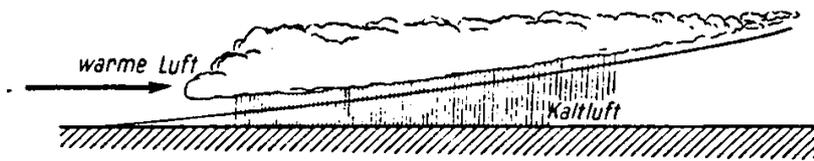
Wolkenarten: Cumuluswolke (oben links), Gewitterwolke (oben rechts), Stratuswolken, von einem Flugzeug über der Wolkenschicht gesehen (unten links), und Cirruswolken (unten rechts)

Die Stauwirkung des Gebirges setzt oft schon weit im Vorland ein: Beim Erzgebirge bilden sich ausgedehnte Schichtwolkenfelder schon über der Leipziger Tieflandsbucht. Die Stauwirkung der Alpen beginnt bereits an der Donau. Der auf diese Weise ausgelöste Niederschlag wird als *Steigungs-* oder *Stauregen* bezeichnet.

An der Leeseite des Gebirges sinkt die Luft wieder ab, erwärmt sich und kann dadurch wieder mehr Wasserdampf aufnehmen. Die Wolken lösen sich hier im *Regenschattengebiet* auf.

Staubewölkung und Steigungsregen





Aufgleiten von Warmluft
auf Kaltluft

Größere zusammenhängende Schichtwolkendecken entstehen auch dann, wenn warme, feuchte Luft auf kalte Luft aufgleitet. Die kalte Luft ist schwerer, sie liegt am Boden und wirkt deshalb wie ein Gebirge.

3. *Eiswolken oder Cirruswolken* (lat. *cirrus* Haarlocke) bestehen ganz aus Eiskristallen. Sie treten als zarte Schleier oder wie feine Pinselstriche in den höchsten Teilen der Troposphäre auf.

Zwischen den drei genannten Wolkenarten gibt es sehr viele Übergänge.

Wolken entstehen durch Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes. Hauptwolkenarten sind Cumulus-, Stratus- und Cirruswolken.

c) Die Arten der Niederschläge

Der *Regen* stammt meist aus dicken Wolkendecken, die bis in die oberen Schichten der Troposphäre reichen können. In großen Höhen friert an die feinen Eisnadeln kondensierter Wasserdampf an, es bilden sich Graupelkörner. Wenn sie beim Fallen in die wärmeren unteren Schichten geraten, schmelzen sie und erreichen den Erdboden als Regentropfen.

In Gewitterwolken mit sehr starker Aufwärtsbewegung der Luft wird das Ausfallen der Graupelkörner verzögert. Es friert noch mehr Wasser an sie an, und sie fallen als *Hagel* zur Erde.

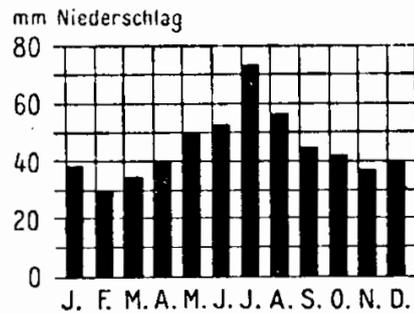
In der kalten Jahreszeit frieren die feinen Eisnadeln zu Schneekristallen zusammen, die als *Schneeflocken* herabschweben.

Während der Nacht und besonders gegen Morgen schlägt sich die Luftfeuchtigkeit am kalten Boden und an den Pflanzen als *Tau* nieder. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt bildet sich an Stelle des Taus *Reif*, bei dem der Wasserdampf unmittelbar in Eiskristalle übergeht. Erstarren Wassertröpfchen beim Auftreffen auf unterkühlte Gegenstände, so entsteht *Rauh frost* (auch Rauhreif genannt), der wegen seines Gewichtes an Bäumen und Telegraphenleitungen häufig schwere Schäden hervorruft.

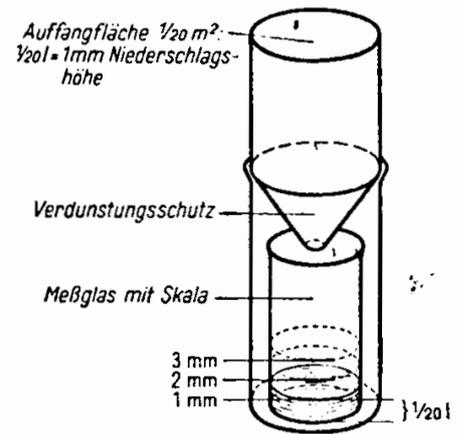
Die Wetterstationen fangen den täglichen Niederschlag im Niederschlagsmesser auf. Die Niederschlagsmengen werden in mm Niederschlagshöhe angegeben. Zeigt das Meßglas 1 mm Niederschlag, so entspricht das der Menge von 1 Liter auf 1 m². (Feste Niederschläge taut man vor der Messung auf oder wiegt sie.)

Bei den Niederschlägen interessieren:

1. die jährliche Niederschlagshöhe. In Niederschlagskarten werden alle Orte mit gleicher jährlicher Niederschlagshöhe durch *Isohyeten* (gr. *hyétos* Regen) verbunden;



oben: Niederschlagsdiagramm von Torgau



rechts: Niederschlagsmesser (nach Prof. Hellmann)

2. die monatliche Verteilung des Niederschlags (siehe Niederschlagsdiagramm von Torgau);

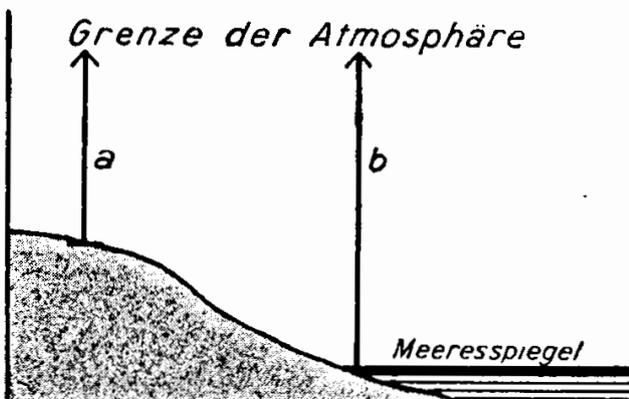
3. die Art der Niederschläge. Bei kurzen heftigen Sturzregen zum Beispiel fließt mehr Niederschlagswasser an der Oberfläche ab als bei lang andauerndem Landregen.

AUFGABEN: 1. Begründen Sie, weshalb der Brocken bis zu 1600 mm Niederschläge empfängt, Eisleben dagegen nur knapp 500 mm (siehe Atlaskarte „Mittleuropa, Jährliche Niederschläge“)! – 2. Begründen Sie nach der gleichen Karte, weshalb sie das Gebirgsrelief Mitteleuropas in groben Zügen widerspiegelt!

3. Luftdruck und Winde

a) Der Luftdruck

Die genaue Messung des Luftdrucks erfolgt durch ein Quecksilberbarometer. In Meeresspiegelhöhe hält im Durchschnitt eine Quecksilbersäule von 760 mm Länge und 1 cm² Querschnitt dem Luftdruck das Gleichgewicht. (Die gebräuchlichen



Unterschiedliche Höhe der Luftsäule durch Reliefunterschiede. – Begründen Sie, weshalb die Luftsäule *a* einen geringeren Druck auf den Erdboden ausübt als die Luftsäule *b*!

Dosenbarometer, die weniger genau messen, werden mit einem Quecksilberbarometer geeicht. Auch Barographen, die den täglichen Gang des Luftdrucks aufzeichnen, arbeiten nach dem Prinzip des Dosenbarometers.)

Die Angabe des gemessenen Luftdrucks erfolgt in mm Quecksilbersäule, neuerdings in Torr, wobei der Druck von 1 mm Quecksilbersäule (1 mm Hg) bei 0 °C „1 Torr“ genannt wird. (Der Italiener *Torricelli* benutzte erstmals eine mit Quecksilber gefüllte Röhre zum Messen des Luftdrucks.) Daneben wird auch ein anderes Druckmaß, das Millibar (abgekürzt mb), verwendet.

$$1000 \text{ mb} = 750 \text{ Torr (mm Hg)}$$

$$1 \text{ mb} = \frac{3}{4} \text{ Torr (mm Hg)}$$

$$1 \text{ Torr (mm Hg)} = \frac{4}{3} \text{ mb}$$

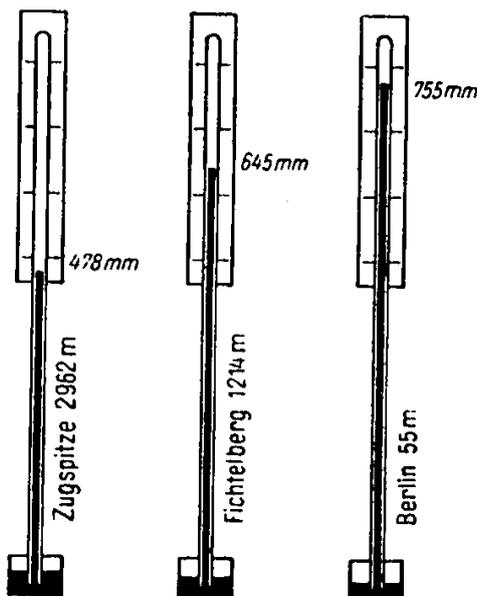
Die Strecke, die man aufsteigen muß, um eine Druckabnahme von 1 Torr zu beobachten, beträgt in der unteren Troposphäre 10,5 m. Sie wird als *barometrische Höhenstufe* bezeichnet. Das Barometer kann deshalb auch als Höhenmesser verwendet werden.

Wenn die Luftdruckverhältnisse in der Wetterkarte vergleichbar dargestellt werden sollen, dann muß der Einfluß der Höhenlage der Beobachtungsstation ausgeschaltet werden, weil der Barometerstand sich mit der Höhe ändert. Zu diesem Zweck werden alle Meßwerte auf Meeresspiegelniveau reduziert.

Beispiel: In 283 m Höhe werden 745 Torr (993 mb) gemessen. In Meeresspiegellänge hätte der Ort einen um $283 : 10,5$, also um 27 Torr (36 mb) höheren Luftdruck. Der reduzierte Wert beträgt demnach 772 Torr (1029 mb).

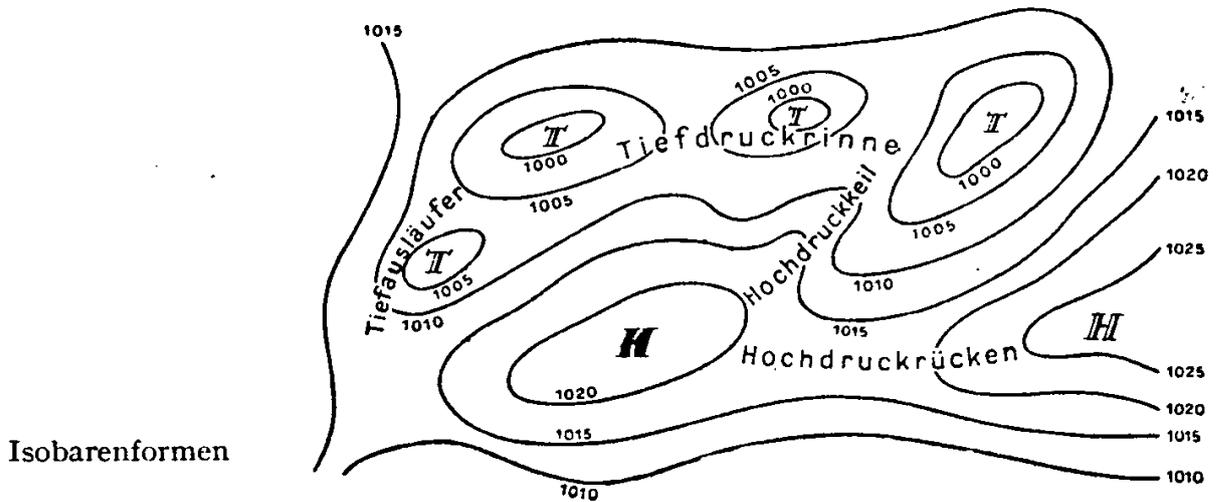
Alle Orte mit gleichem reduziertem Luftdruckwert werden in der Wetterkarte durch *Isobaren* verbunden. Ihr Verlauf läßt in der Wetterkarte auf einen Blick die

Luftdruckverteilung in einem größeren Gebiet erkennen. Vor allem interessiert die Lage von Gebieten mit höherem Luftdruck und solchen niedrigeren Luftdrucks, weil Hochdruckgebiete (kurz als Hoch bezeichnet) und Tiefdruckgebiete (Kurzbezeichnung Tief) sehr stark wetterbestimmend sind.



Der mittlere Barometerstand. - 1. Rechnen Sie die angegebenen Luftdruckwerte in mb um! - 2. Erläutern Sie den unterschiedlichen Barometerstand in verschiedenen Höhenlagen! - 3. Überprüfen Sie die dargestellten Barometerstände, indem Sie die barometrische Höhenstufe auf die Höhendifferenzen anwenden!

Der Luftdruck nimmt mit der Höhe ab, weil sich das Gewicht der auf einem Quadratcentimeter lastenden Luftsäule verringert. Mit Hilfe der barometrischen Höhenstufe werden die gemessenen Luftdruckwerte reduziert.



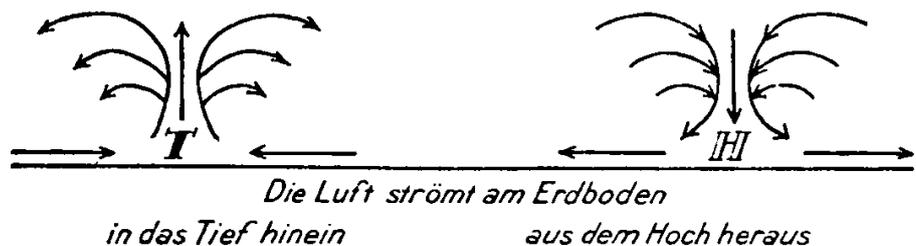
b) Entstehung der Hoch- und Tiefdruckgebiete

Über erhitztem Erdboden wird die Luft stark erwärmt, sie dehnt sich aus, ihre Dichte verringert sich, und sie steigt auf. In der Höhe fließt Luft in die Nachbargebiete ab. Über dem erwärmten Gebiet verringert sich dadurch der Luftdruck, es bildet sich ein *Tief*.

Über kaltem Erdboden wird die Luft abgekühlt, sie verdichtet sich und sinkt nach unten, wobei in der Höhe Luft aus den Nachbargebieten zuströmt. Dadurch steigt der Druck am Erdboden, es entsteht ein *Hoch*.

In den heißen Gebieten am Äquator finden wir deshalb Tiefdruckgebiete und über den kalten Polargebieten Hochdruckgebiete. Auch die großen Landmassen der Kontinente, die sich im Sommer stark erwärmen, im Winter aber stark auskühlen, beeinflussen die Gestaltung der Luftdruckverhältnisse. Im Sommer bilden sich zum Beispiel über der großen asiatischen Festlandsmasse ausgedehnte Tiefdruckgebiete, im Winter wird dagegen der nördliche Teil Asiens von einem großen Hochdruckgebiet beherrscht (vergleiche die Atlaskarte „Erde, Klimazonen“).

Durch unterschiedliche Erwärmung (thermisch) entstandenes Druckgefälle



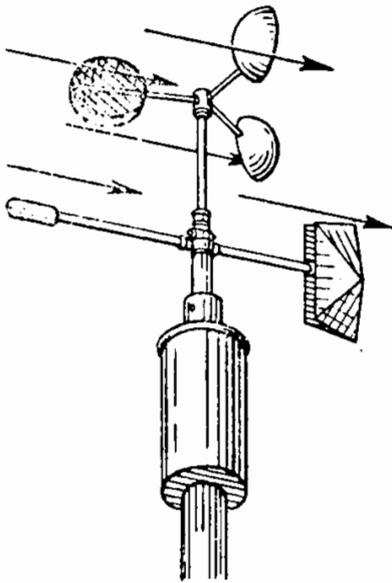
Neben den durch unterschiedliche Erwärmung hervorgerufenen Druckunterschieden gibt es auch solche, die durch Luftbewegungen in der Troposphäre und der unteren Stratosphäre hervorgebracht werden. Diese sind nicht thermisch, sondern dynamisch bedingt.

c) Der Wind

Wie alle Gase strebt auch die Atmosphäre danach, bestehende Druckunterschiede durch Ausgleichsströmungen aufzuheben. Diese Luftbewegung, die in der unteren Troposphäre immer vom höheren zum tieferen Druck gerichtet ist, nehmen wir als *Wind* wahr.

Je größer die Luftdruckunterschiede sind, um so stärker weht der Wind.

Die Windgeschwindigkeit wird mit dem Schalenkreuz-Windmesser (Anemometer) gemessen, und zwar in m/s oder km/h. Bei starken Luftdruckgegensätzen auf engem Raum kann der Wind außerordentlich hohe Geschwindigkeiten erreichen, über dem Land mehr als 100 km/h, über dem offenen Meer und in der Höhe bis zu 300 km/h.



Schalenkreuz-Anemometer

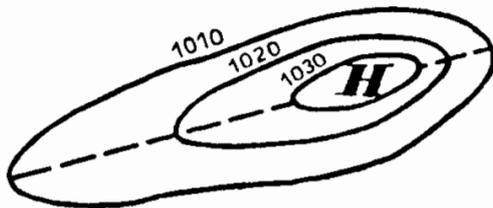
Gebäuchlich ist auch die Angabe der Windstärke nach der von dem Engländer Beaufort aufgestellten Skala (siehe Tabelle auf Seite 37).

Die Windrichtung wird mit Hilfe der Windfahne bestimmt. Der Wind wird stets nach der Himmelsrichtung benannt, aus der er weht. Der Westwind weht also von Westen nach Osten; westliche Winde, die in unserem Gebiet vorherrschen, kommen aus Südwesten, Westen und Nordwesten.

Würde die Richtung des Windes allein vom Gradienten abhängen, so müßte die Luft auf dem kürzesten Wege vom Hoch in den Kern des Tiefs einströmen. Die Windrichtung wird jedoch neben anderen Ursachen vor allem durch die Rotation der Erde beeinflusst. Die Erdrotation bewirkt, daß alle Luftströmungen

auf der Nordhalbkugel nach rechts,
auf der Südhalbkugel nach links

abgelenkt werden.



Die Windgeschwindigkeit (Windstärke) ist vom Druckgefälle abhängig. Der Gradient (gestrichelte Linie) bezeichnet das Luftdruckgefälle auf einer bestimmten Strecke, gemessen senkrecht zu den Isobaren. – Begründen Sie, weshalb das Druckgefälle dort am größten ist, wo die Isobaren eng beieinanderliegen! Was bedeutet das für die Windgeschwindigkeit?

Skala der Windstärke nach Beaufort

Die zwölfteilige Beaufortskala wird zur Schätzung in Bodennähe verwendet. Höhere Windstärken kommen im allgemeinen nur in großer Höhe vor.

Beaufort-Grad	Bezeichnung der Windstärke	Äußerung der Windstärke	Wellenhöhe	Windgeschwindigkeit	
				in m/s	in km/h
0	still	vollkommene Luftruhe, Rauch steigt gerade empor; spiegelglatte See	—	0—0,2	unter 1
1	leiser Zug	Rauch steigt fast gerade empor; -Kräuselwellen	0— $\frac{1}{4}$ m	0,3—1,5	1—5
2	leichte Brise	für das Gefühl eben bemerkbar; kleine Wellen, brechen sich nicht	$\frac{1}{4}$ —1 m	1,6—3,3	6—11
3	schwache Brise	bewegt Blätter der Bäume oder leichte Wimpel; vereinzelte Schaumköpfe	$\frac{1}{4}$ —1 m	3,4—5,4	12—19
4	mäßige Brise	bewegt kleine Zweige, streckt Wimpel; kleine Wellen, verbreitet Schaumköpfe	$\frac{3}{4}$ —2 m	5,5—7,9	20—28
5	frische Brise	bewegt größere Zweige, für das Gefühl unangenehm; überall weiße Schaumkämme	2—4 m	8,0—10,7	29—38
6	starker Wind	bewegt große Zweige, wird an Hausecken und festen Gegenständen hörbar; Wellenkämme brechen sich	3—6 m	10,8—13,8	39—49
7	steifer Wind	bewegt schwächere Baumstämme; Wellen haben Schaumköpfe, weiße Schaumstreifen	5—7 m	13,9—17,1	50—61
8	stürmischer Wind	ganze Bäume werden bewegt, gegen den Wind schreitender Mensch wird aufgehoben; Schaumstreifen, Gischt	7—10 m	17,2—20,7	62—74
9	Sturm	leichtere Gegenstände (Dachziegel) werden aus ihrer Lage gebracht; Gischt kann Sicht beeinträchtigen	7—10 m	20,8—24,4	75—88
10	schwerer Sturm	Bäume werden umgeworfen; sehr hohe Wellenberge, See ist weiß durch Schaum	über 10 m	24,5—28,4	89—102
11	orkanartiger Sturm	zerstörende Wirkungen schwerer Art; außergewöhnlich hohe Wellenberge	über 10 m	28,5—32,6	103—117
12	Orkan	verwüstende Wirkungen; Luft mit Schaum und Gischt angefüllt. See ganz weiß, Sicht sehr stark herabgesetzt, Fernsicht hört auf	bis etwa 15 m	32,7—36,9	118—133

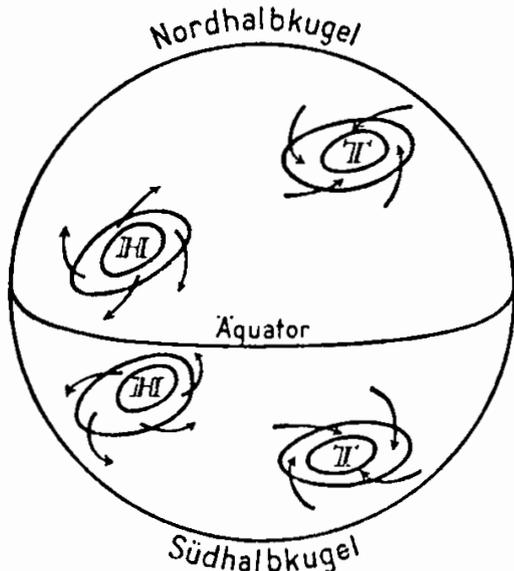
In der unteren Troposphäre weht deshalb der Wind

auf der *Nordhalbkugel*

im Uhrzeigersinn aus dem Hoch heraus,
entgegen dem Uhrzeigersinn in das Tief hinein,

auf der *Südhalbkugel*

entgegen dem Uhrzeigersinn aus dem Hoch heraus,
im Uhrzeigersinn in das Tief hinein.



Luftströmung im Hoch und Tief

Als riesiger Wirbel strömt die Luft, nur wenig gegen die Isobaren gerichtet, um das Zentrum des Tiefs. Deshalb nennt man das Tief auch *Zyklone* (gr. *kýklos* Kreis). Dementsprechend trägt das Hoch, aus dem die Luft im Gegensinn strömt, den Namen *Antizyklone* (gr. *ánti* gegen).

Für alle Wettervorgänge sind die Ablenkung der Luftströmungen und die Verteilung der Zyklonen und Antizyklonen von großer Bedeutung.

Der Wind ist eine Folgeerscheinung bestehender Luftdruckunterschiede.

Die Ablenkung der Luftströmungen auf der Nordhalbkugel nach rechts und auf der Südhalbkugel nach links erklärt sich vor allem aus der Erdrotation.

III. Das Wetter

Das gleichzeitige Zusammenwirken aller Wetterelemente erzeugt jene Vorgänge in der Atmosphäre, die als Wetter bezeichnet werden. Sie werden von der *Meteorologie* erforscht.

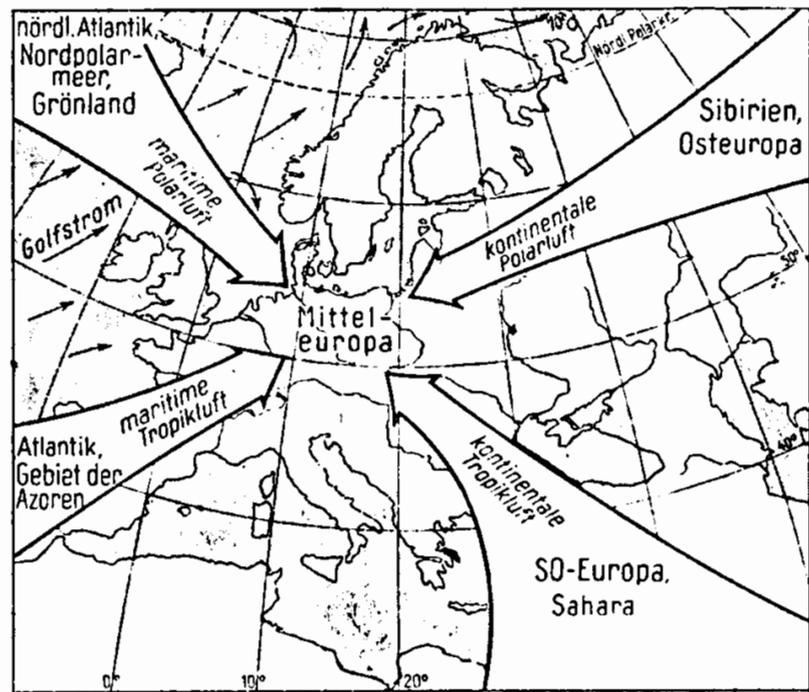
Folgende meteorologische Grundbegriffe und Gesetzmäßigkeiten liegen dem Ablauf der bei uns häufigen Wettervorgänge zugrunde.

1. Luftmassen und Fronten

In der Meteorologie versteht man unter Luftmasse eine Luftmenge, die ein größeres Gebiet überdeckt und relativ einheitlich aufgebaut ist. Die Bewegung der Luftmassen nehmen wir als Wind wahr.

Jede Luftmasse weist Eigenschaften auf (zum Beispiel Temperatur, Feuchtigkeit), die sie in ihrem Herkunftsraum oder auf ihrem Transportweg angenommen

Die wichtigsten Luftmassen, die das Wetter in Mitteleuropa bestimmen. – Kennzeichnen Sie die Eigenschaften der eingezeichneten Luftmassen nach den Ihnen bekannten klimatischen Verhältnissen in den Herkunftsgebieten! Unterscheiden Sie dabei zwischen den Verhältnissen im Sommer und im Winter!



hat. Überwandern Luftmassen mit unterschiedlichen Eigenschaften nacheinander einen Ort, so macht sich das, sobald die Luftmasse wechselt, in einem Wetterwechsel bemerkbar.

Grob unterscheidet man zunächst voneinander die Luftmassen höherer Breiten, die *Polarluft*, und die der niederen Breiten, die *Tropikluft*. Je nachdem, ob ihr Ursprung über dem Meer oder dem Festland liegt, werden beide unterteilt in *maritime Polarluft* beziehungsweise *maritime Tropikluft* und *kontinentale Polarluft* beziehungsweise *kontinentale Tropikluft*.

Die nur schmale Zone, an der zwei vollkommen verschiedene Luftmassen am Erdboden aneinandergrenzen, wird von den Meteorologen als *Front* bezeichnet. Mit den Luftmassen bewegen sich natürlich auch die Fronten. An der Vorderseite einer sich bewegenden Warmluftmasse liegt die *Warmfront*, vor der Kaltluftmasse die *Kaltfront*.

Luftmassen unterscheiden sich hauptsächlich durch die Temperatur und den Feuchtigkeitsgehalt. Der Grenzsaum zwischen zwei verschiedenen Luftmassen am Erdboden wird als Front bezeichnet.

2. Die wandernden Zyklonen

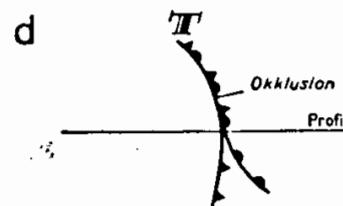
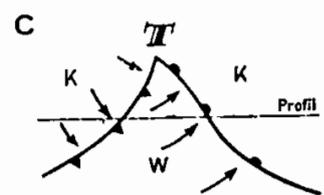
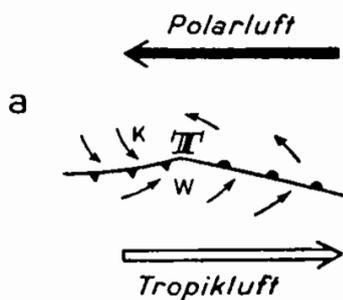
Im Sommer zieht sich über den Nordatlantik eine Front von Schottland nach Neufundland (im Winter etwas weiter südlich), die *Polarfront* genannt wird. An ihr treffen zwei vollkommen unterschiedliche Luftmassen zusammen:

Nördlich der Polarfront strömt von Osten nach Westen kalte Polarluft, südlich davon von Westen nach Osten warme Tropikluft. An der Berührungsfläche kommt

es wegen der verschiedenen Bewegungsrichtung und Eigenschaften zur Verwirbelung beider Luftmassen: Warmluft schwingt nach Norden aus, und Kaltluft stößt nach Süden vor. Im Zentrum des Wirbels herrscht der tiefste Druck.

Die Tiefdruckwirbel oder Zyklonen entstehen nie einzeln, sondern in ganzen Gruppen. Auf der Wetterkarte kann man oft ganze „Zyklonenfamilien“ in einer Reihe beobachten, die aus gerade entstandenen, voll ausgebildeten und absterbenden Tiefdruckwirbeln bestehen, die von Westen nach Osten ziehen. Ihre Zugrichtung ist auf besondere Druckverhältnisse und Luftströmungen in großer Höhe (über 5 km) zurückzuführen. Deswegen spielt in der Meteorologie das Höhenwetter, für das eine besondere Höhenwetterkarte angefertigt wird, eine große Rolle.

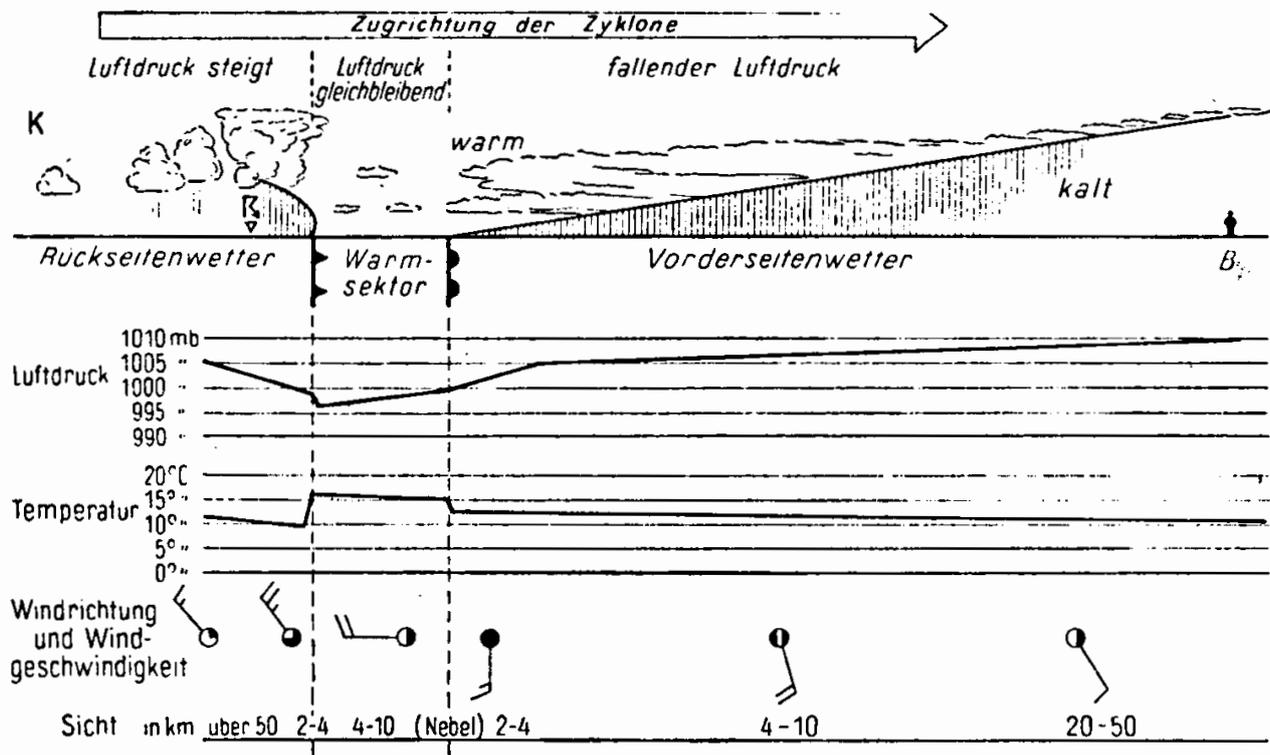
Meist legen die Zyklonen weite Strecken zurück. Die in Mitteleuropa auftretenden Zyklonen entstehen häufig im isländischen Raum und sterben manchmal erst in 3000 km Entfernung über Osteuropa ab. Den Entwicklungsgang eines dieser großen nach Osten wandernden Tiefdruckwirbel, die einen Durchmesser von mehreren hundert Kilometern haben, veranschaulichen nebenstehende Zeichnungen.



Aus der Verwirbelung warmfeuchter Tropikluft und kalter Polarluft entstehen an der Polarfront Zyklonen, die ostwärts wandern.

Entwicklungsgang einer Idealzyklone

- a) Der Wirbel bildet sich, es entstehen die Fronten. – Achten Sie auf die Wetterkartenzeichen für die Kaltfront und die Warmfront!
- b) Es bildet sich ein deutlicher Warmluftsektor heraus. Vor ihm und hinter ihm befindet sich Kaltluft.
- c) Der Warmluftsektor wird allmählich eingeengt, weil die Kaltfront rascher vordringt als die Warmfront (Kaltluft ist wegen ihrer größeren Dichte aktiver).
- d) Die Kaltfront hat die Warmfront größtenteils eingeholt. Die Warmluft ist eingeschnürt worden (vergleiche Profil Seite 43). Diesen Vorgang bezeichnet der Meteorologe als *Okklusion* (lat. *occludere* einschließen). Die Zyklone ist „gealtert“ und „stirbt ab“. – Beachten Sie das Wetterkartenzeichen für die Okklusion!



Vertikalschnitt durch eine *Idealzyklone* (stark „überhöht“) mit den typischen Wettererscheinungen.

Die Zeichnung ist so zu verstehen, daß die Zyklone von links nach rechts über den Standort *B* des Beobachters hinwegzieht. Die Änderung der unter dem Profil angegebenen Wetterelemente erfolgt also von rechts nach links

Wettererscheinungen beim Durchzug einer Zyklone

Der geschulte Beobachter vermag es, aus den Wettererscheinungen beim Vorüberziehen einer Zyklone zu erkennen, ob er sich vor der Warmfront (an der *Vorderseite* der Zyklone), im Warmluftsektor oder hinter der Kaltfront (an der *Rückseite* der Zyklone) befindet. Für den Laien ist das meist sehr schwierig, weil die Zyklonen nicht immer so ideal ausgebildet sind, wie in den vorstehenden Abbildungen dargestellt. Meist bedingen auch die Besonderheiten der Lage des Beobachtungsorts Änderungen im normalen Wetterablauf. An dem obenstehenden Vertikalschnitt soll am Beispiel einer *ideal* ausgebildeten Zyklone gezeigt werden, welche typischen Wettererscheinungen in den einzelnen Bereichen der Zyklone aufeinanderfolgen. In der Wirklichkeit wird der Entwicklungsgang der wandernden Tiefdruckgebiete durch jahreszeitliche und andere Einflüsse stark abgewandelt.

a) *Vorderseitenwetter*

Die vordringende Warmluft gleitet ganz allmählich auf die sich langsamer vor ihr her bewegende Kaltluft auf.

AUFGABEN: 1. Erklären Sie, weshalb die Warmluft nicht einfach die Kaltluft vor sich her schiebt, sondern aufgleitet, wobei Kondensation des Wasserdampfes eintritt! - 2. Begründen Sie, weshalb das Einsetzen der Bewölkung (der „Wolkenaufzug“) in großer Höhe (7 bis 8 km) mit der Bildung von Cirren beginnt, die in immer tiefer reichende Stratuswolken übergehen! - 3. Erläutern Sie, wie die Luftdruckkurve das Herannahen des Tiefs, die Temperaturkurve das Näherkommen der Warmluft verzeichnen!

Die Wolkenbildung beginnt bereits weit vor der Warmfront, weil die Warmluft in der Höhe bis zu mehreren hundert Kilometern der Warmfront vorausseilt. Deshalb sind Cirren, deren vorderes Ende oft hakenförmig gebogen ist, Schlechtwetterboten, die die Warmfront ankündigen. Mit der immer dichter werdenden Stratusbewölkung setzt schließlich gleichmäßiger Dauerregen ein.

b) Das Wetter beim Durchzug der Warmfront

Wo die Grenzfläche zwischen vordringender Warmluft und davor befindlicher Kaltluft den Erdboden erreicht, verläuft die Warmfront.

AUFGABEN: 1. Erklären Sie, weshalb beim Durchzug der Warmfront die Bewölkung auflockert und die Niederschläge aufhören! - 2. Welche Änderung erfahren Luftdruck- und Temperaturkurve, besonders letztere?

c) Das Wetter im Warmsektor

Lockere Schichtwolkenfelder und einzelne Cumuli treiben am Himmel, dessen Blau infolge der immer noch großen relativen Luftfeuchte durch Dunst getrübt ist. Die Sichtweite ist deswegen gering. Der Druck fällt nur noch wenig. Die Temperatur ist, abgesehen von der täglichen Temperaturschwankung, beinahe gleichbleibend.

d) Das Wetter beim Durchzug der Kaltfront

Im Gegensatz zur Warmfront, wo warme Luft allmählich auf kalte aufgleitet, drängt die vorrückende Kaltluft ungestüm gegen die Luft des Warmsektors. Wie ein Keil treibt sie an der Kaltfront die Warmluft rasch und ungleichmäßig in die Höhe.

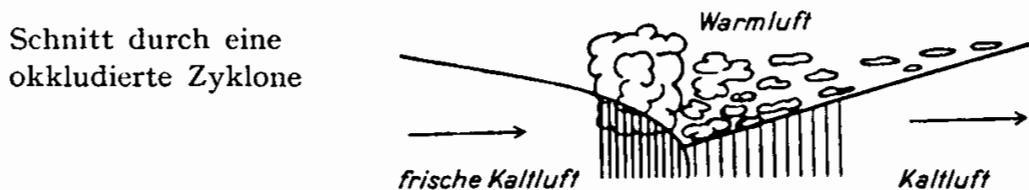
AUFGABEN: 1. Erklären Sie, weshalb die Kaltfront sich nicht so lange vorher wie die Warmfront durch Wolkenaufzug ankündigt! - 2. Weshalb treten beim Durchzug der Kaltfront vor allem Cumuli, häufig auch Gewitter auf? - 3. Erläutern Sie den Luftdruck- und Temperaturwechsel beim Durchzug der Kaltfront!

Aus den hoch aufgetürmten Cumulus- und Gewitterwolken fallen meist großtröpfige Regen- oder Hagelschauer. Das Niederschlagsgebiet ist jedoch wesentlich schmaler als das vor der Warmfront.

e) Das Rückseitenwetter

Bald nach dem Durchzug der Kaltfront klart es auf. Zwischen den gelegentlich noch Schauer spendenden Cumuluswolken zeigt sich ein kräftig blauer Himmel, der tagsüber geringe Erwärmung gestattet. Lösen sich in der Nacht die Wolken auf, so kann in den Übergangsjahreszeiten die Ausstrahlung eine starke Temperaturerniedrigung am Boden und damit Frostgefahr mit sich bringen. Die glasklare Luft bietet eine herrliche Sicht, zuweilen über 50 km hinaus.

Legen wir durch eine gealterte Zyklone, bei der also bereits Okklusion eingetreten ist, ebenfalls einen Schnitt (siehe auch Profillinie in der Zeichnung *d* der Abbildung auf Seite 40), so ergibt sich folgendes Bild:



Die vordringende Kaltfront hat die Warmfront eingeholt und den Warmluftsektor vom Erdboden abgehoben. Die Warmluft ist also nur noch in der Höhe vorhanden, wo sie als Warmluftschale zwischen der Kaltluft an der Vorderseite und an der Rückseite eingebettet liegt.

Da der Warmluftsektor fehlt, geht die Aufgleitbewölkung an der Vorderseite sofort in die Quellbewölkung der Rückseite über. Dem Landregen folgen demnach sofort Schauer.

3. Wettervorhersage und Wetterkarte

a) Der Wetterdienst

Das Gebiet unserer Deutschen Demokratischen Republik ist mit einem Netz von Wetterdienststellen und Beobachtungsstationen überzogen, die zum „Meteorologischen und Hydrologischen Dienst der Deutschen Demokratischen Republik“ gehören. Die wichtigsten Wetterstationen sind für die Ausarbeitung der amtlichen Wetterberichte und für die Ausgabe der Wettervorhersagen verantwortlich. Das sind die *Hauptwetterdienststelle in Potsdam*, die *Mitteldeutsche Wetterdienststelle in Leipzig* und die *Seewetterdienststelle in Warnemünde*.

Einen Wetterdienst gibt es heute in allen Ländern. Die moderne Wirtschaft (Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft, Schifffahrt usw.) kann nicht mehr ohne den Wetterdienst und die von ihm gegebene Wettervorhersage (Warnmeldungen) auskommen.

b) Die Wettervorhersage

Voraussetzung für eine wissenschaftliche Wettervorhersage ist die gleichzeitige exakte Wetterbeobachtung an möglichst vielen Stellen, weil jede Beobachtung erst

dadurch ihren Wert erhält, daß sie mit anderen verglichen wird. Aus diesem Grund ist vor allem auf der gesamten nördlichen Halbkugel ein synoptisches Beobachtungsnetz (gr. *syn* gleichzeitig, zusammen) aufgebaut worden, das Stationen im Binnenland und an der Küste, Beobachtungsstellen auf Feuer- und Wetterschiffen umfaßt. (Auch viele Schulklimastationen sind Meldestellen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik.) Beobachtungsdaten aus der freien Atmosphäre werden durch Radiosonden (siehe Kapitel „Aufbau der Lufthülle“) und Wetterflugzeuge gewonnen. Das Flugzeug erreicht zwar nicht so große Höhen wie die Radiosonde, dafür erhalten aber die Beobachter unter anderem zusätzlich Aufschluß über Wolkenformen und deren vertikale Erstreckung und Zugrichtung. In neuerer Zeit liefern auch die künstlichen Satelliten wertvolle Angaben für die Wettervorhersage, zum Beispiel Fotos der Zyklonenbildung.

Zu international vereinbarten Zeiten (1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 und 22 Uhr MEZ) werden Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind, Bewölkung, Niederschläge und Sicht beobachtet. Sämtliche Meßwerte und Beobachtungsergebnisse werden sofort durch Funk, Telefon oder Fernschreiber an die zuständige Wetterdienststelle weitergeleitet. Da sehr viele Meldungen zusammenkommen, werden zur Beschleunigung alle Werte nach einem Wetterschlüssel verschlüsselt weitergegeben, das heißt, man stellt Zahlengruppen von je 5 Ziffern zusammen. In jeder Gruppe hat jede Zahl ihre bestimmte Bedeutung.

Ein gutes Beispiel friedlicher internationaler Zusammenarbeit ist es, daß jedes Land die Beobachtungsergebnisse seiner Hauptwetterstationen durch Funk oder Fernschreiber im Rahmen des internationalen Wetteraustauschdienstes verbreitet, was durch die Weitergabe als Zahlenreihe erleichtert wird.

Die von der Wetterdienststelle empfangenen Meldungen werden sofort entschlüsselt und die Werte als Zahl oder Zeichen (Symbol) durch den Wetterkartenzeichner in die Arbeitswetterkarte eingetragen. Der Meteorologe ergänzt sie dann durch Einzeichnen der Isobaren, der Druckgebiete, der Luftmassen, Fronten und Zyklonen.

Nachdem nun ein genaues Bild der Wetterlage zum letzten Beobachtungstermin vorliegt, kann der Meteorologe darangehen, die voraussichtliche Entwicklung des Wetters zu untersuchen. Viel Zeit hierfür verbleibt ihm nicht, weil nach drei Stunden bereits die nächste Wetterkarte zu bearbeiten ist. Seine Aufgabe ist auch deswegen kompliziert, weil ja alle Wettererscheinungen nach dem Zeitpunkt der letzten Beobachtung weiterlaufen und es großer Konzentration und Erfahrung sowie „Fingerspitzengefühl“ bedarf, damit keine falschen Schlüsse gezogen werden. Bei seiner Wettervorhersage stützt sich der Meteorologe auch auf die vorhergehenden Wetterkarten und auf die Höhenwetterkarte. So schlußfolgert er beispielsweise aus der Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit sowie dem Zustand einer Zyklone während der letzten 24 Stunden und aus den letzten Beobachtungswerten, wie die weitere Entwicklung der Zyklone vor sich gehen wird.

Trotz exakter Beobachtungen und wissenschaftlicher Auswertung der Ergebnisse kann die Wettervorhersage im allgemeinen nur für eine kurze Frist, höchstens 48 Stunden, hinreichend genau sein. Bei jeder amtlichen Wettervorhersage ist außer-

dem zu beachten, daß sie die allgemeine Wetterentwicklung für ein größeres Gebiet zum Inhalt hat und örtliche Abweichungen nicht berücksichtigen kann. Kurzfristige Wettervorhersagen treffen heute bereits in 85 Prozent aller Fälle zu.

In neuerer Zeit stellt man auch die moderne Rechentechnik mit elektronischen Rechenautomaten in den Dienst der Wettervorhersage. Die Anwendung derartiger Verfahren wird zu einer Notwendigkeit durch die Fülle zusätzlicher Beobachtungsdaten, die durch Raketen, Sputniks und Raumschiffe bei der Erforschung höherer Atmosphärenschichten geliefert werden.

Die vom Wetterdienst gegebene wissenschaftliche Wettervorhersage beruht auf exakten Beobachtungen. Weil viele Wirtschaftszweige auf eine möglichst sichere Wettervorhersage angewiesen sind, erfordert die Arbeit des Meteorologen große Sachkenntnis und hohes Verantwortungsbewußtsein.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie den Nutzen der Wettervorhersage für die verschiedensten Zweige der Wirtschaft! Gehen Sie besonders auf die Landwirtschaft, den Luft-, Schiffs- und Straßenverkehr ein! - 2. Bei welchen Gelegenheiten sind Sie selbst Nutznießer der Wettervorhersage? - 3. Sammeln Sie an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen die Wetterkärtchen des Zentralorgans der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands „Neues Deutschland“ mit den gegebenen Voraussagen! Vergleichen Sie diese mit dem wirklichen Wetterablauf an Ihrem Heimatort, und stellen Sie das Ergebnis in einer Tabelle zusammen!

Obwohl man sich bei der Wettervorhersage nur auf Aussagen verlassen kann, denen wissenschaftliche Beobachtungen und Erfahrungen zugrunde liegen, richten sich manche Menschen heute noch nach überlieferten „Wetterregeln“.

Einige dieser Wetterregeln, vor allem die sogenannten Bauernregeln, gehen auf die durchaus richtige Beobachtung typischer Wetterlagen zurück, die sich mit großer Regelmäßigkeit zu bestimmten Jahreszeiten einstellen. Hierzu gehört die bekannte Regel vom „Siebenschläfer“, dem 27. Juni. Es ist in der Tat nachgewiesen, daß Ende Juni häufig, jedoch durchaus nicht in jedem Jahr, eine Umstellung von trockenem zu kühlem regnerischem Wetter erfolgt, das einige Wochen anhält. Allerdings spielt hierbei weder der Termin 27. Juni eine Rolle, noch regnet es wirklich sieben Wochen lang, falls an diesem Tag Niederschläge fallen.

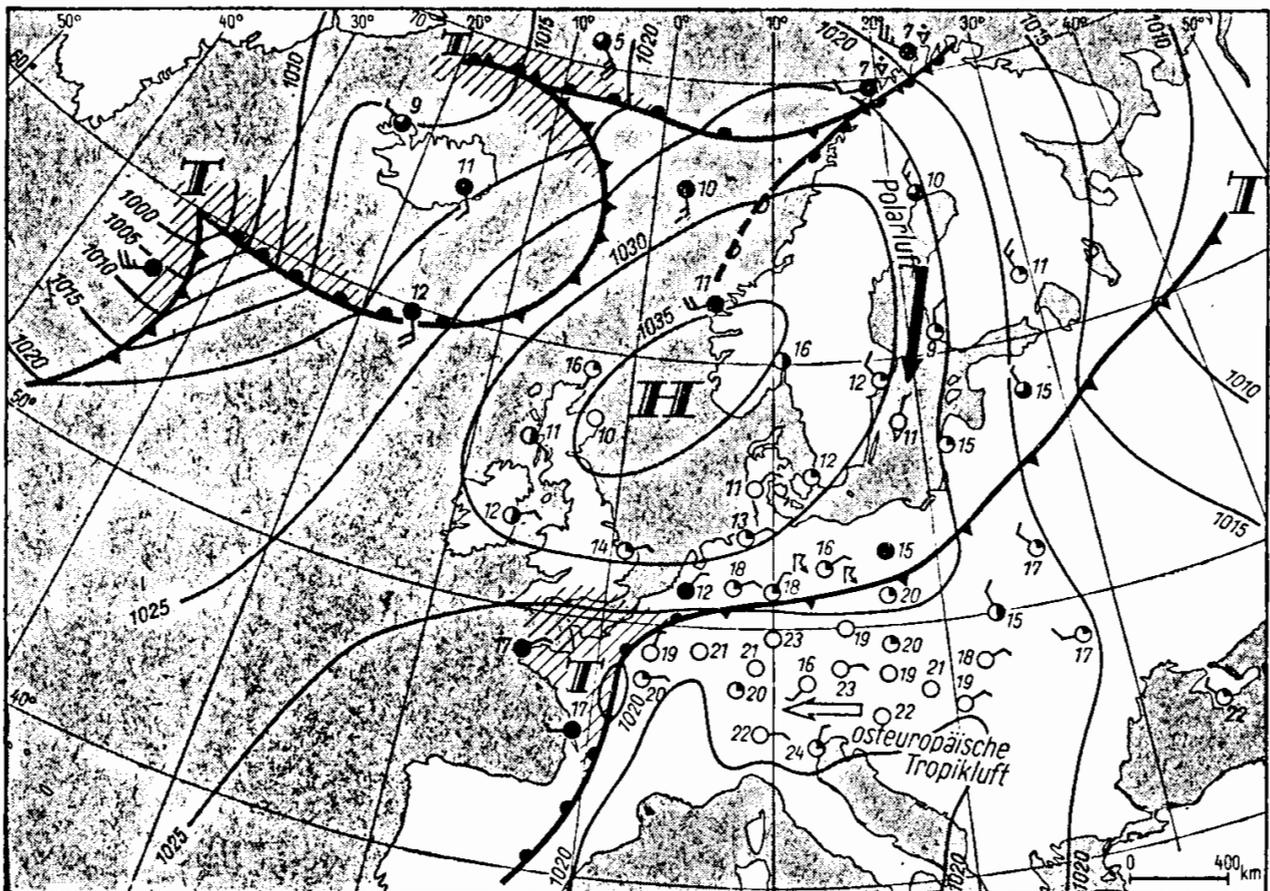
Genauso verhält es sich mit den „Eisheiligen“ (11., 12., 13. Mai). Ihnen liegt die Erfahrung zugrunde, daß im Mai recht häufig starker Temperaturrückgang, zum Teil mit Frösten verbunden, auftritt. Auch in diesem Fall ist jedoch die Festlegung auf bestimmte Kalendertage ohne jeden Sinn.

Enthalten diese und ähnliche Bauernregeln immerhin einen Kern von Wahrheit, so sind andere „Weissagungen“ ganz in den Bereich des Aberglaubens zu verweisen.

Hierzu gehört der sogenannte „Hundertjährige Kalender“, der angeblich eine Vorhersage des Wetters auf lange Sicht gestattet. Er geht zurück auf Aufzeichnungen eines Mönches, der – mittelalterlichen Vorstellungen entsprechend – die Wettererscheinungen von sieben Jahren (1652 bis 1658) mit der Stellung der damals bekannten fünf Planeten sowie Sonne und Mond in Verbindung brachte und beschrieb. Ein Erfurter Arzt erweiterte im Jahre 1701 diese Wetterbeschreibung kurzerhand auf 100 Jahre, indem er das siebenjährige Wettergeschehen mehrfach aneinanderreichte und den Kalender als Voraussagebuch mit großem Gewinn verkaufte.

Jeder wissenschaftlichen Grundlage entbehrt auch die Meinung, daß der Mond einen Einfluß auf den Wetterablauf habe, besonders der Mondwechsel. Langfristige Beobachtungsreihen beweisen, daß keinerlei Zusammenhang zwischen dem Wechsel der Mondphasen und einem Wetterwechsel besteht.

AUFGABE: Erfragen Sie bei Genossenschaftsbauern einige in Ihrem Heimatkreis verbreitete Bauernregeln, und überprüfen Sie diese Regeln auf ihre Richtigkeit!



Wetterkarte vom 5. 7. 1952 (vereinfacht). – Werten Sie diese Wetterkarte entsprechend den auf Seite 47 gegebenen Hinweisen aus!

c) Die Wetterkarte

Jede Wetterkarte weist eine große Anzahl von Zeichen (Symbolen) auf. Sie gestatten es den Meteorologen, die große Fülle der Beobachtungsdaten schnell und übersichtlich in der Karte zu vermerken. In den vereinfachten Wetterkarten, die auch von Laien ausgewertet werden können, sind nur einige der von den Meteorologen benutzten Symbole enthalten.

a) Temperatur: $-10 \hat{=} -10^{\circ}\text{C}$, $17 \hat{=} 17^{\circ}\text{C}$
 $\frac{10}{17} \hat{=} 10^{\circ}\text{C}$ Lufttemperatur
 $\frac{17}{17} \hat{=} 17^{\circ}\text{C}$ Wassertemperatur

b) Bewölkung und Niederschläge:

wolkenlos	heiter	wolkig	stark bewölkt	bedeckt	Nebel
Regen	Nieseln (Sprühregen)	Schnee	Graupel	Hagel	Glätteis
geschlossenes Niederschlags- gebiet	Schauer, z.B.				Gewitter

c) Luftdruck und Wind:

1010 ————— Isobaren ————— 995

T Tief **H** Hoch **t** Tiefausläufer **h** Hochausläufer

Windstille = C (Kaieme)

aus Ost 5 km/h aus West 10 km/h

aus Nordost 50 km/h aus Südwest 100 km/h

[Hohenwind aus SW 100 km/h]

d) Fronten und Luftmassen:

Warmfront Kaltfront Okklusion Luftmassengrenze

Strömung in

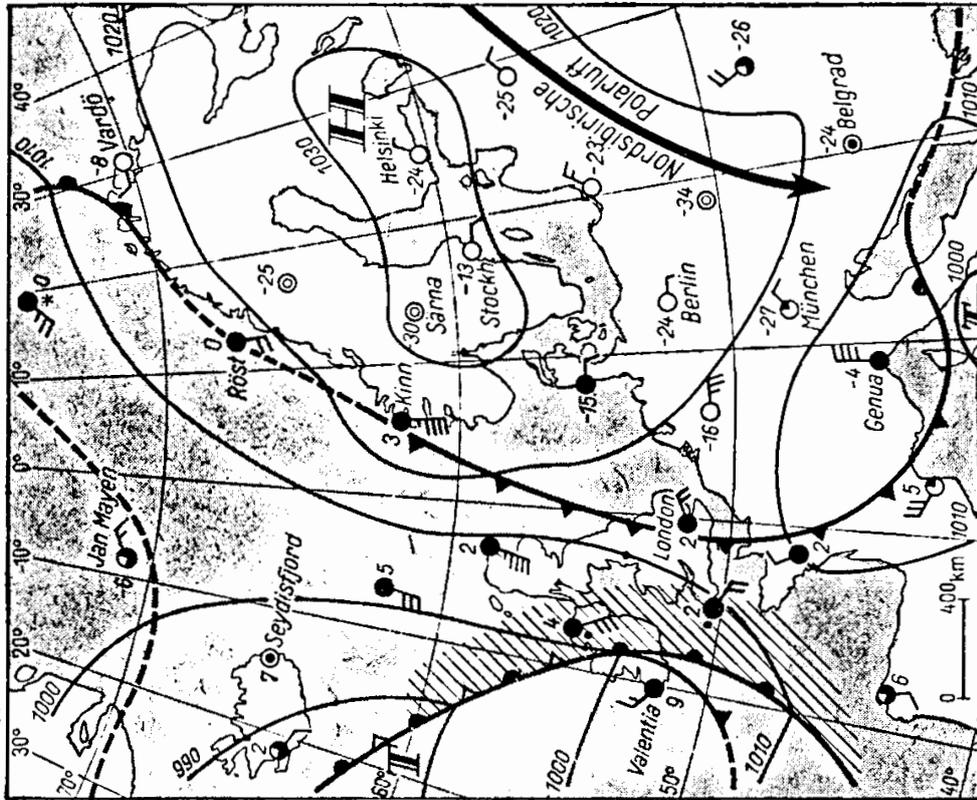
Warmluft Kaltluft

Einige Zeichen der Wetterkarte

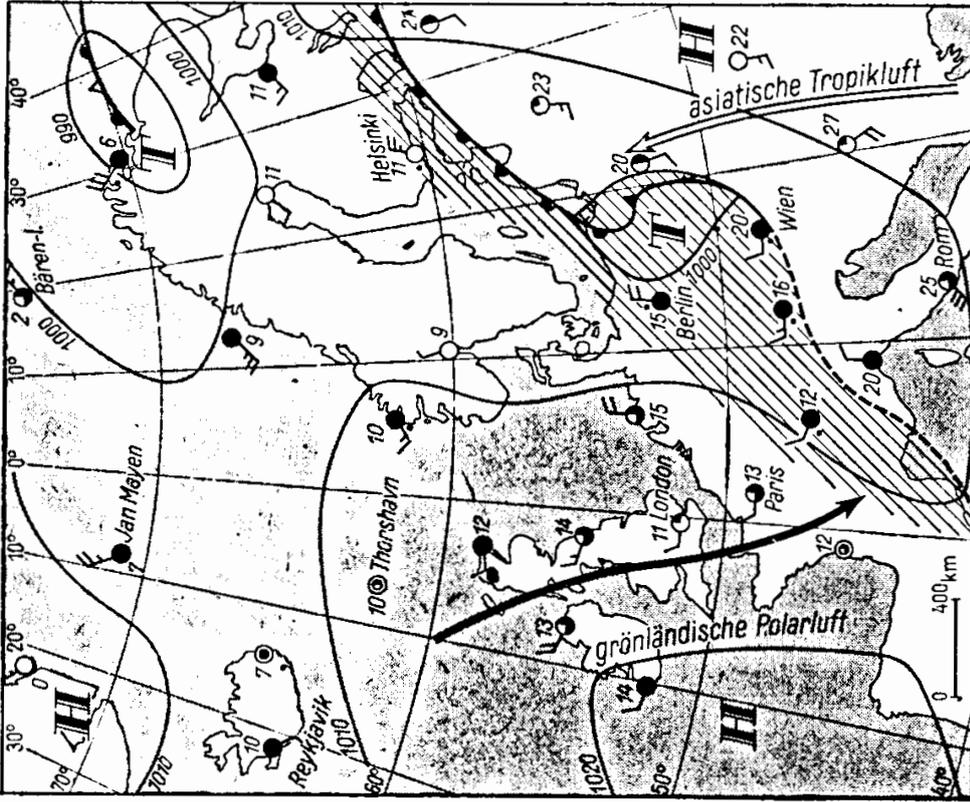
Hinweise und Aufgaben zur Auswertung der Wetterkarte auf Seite 46:

1. Bezeichnen Sie die Räume, über denen Hoch- oder Tiefdruckgebiete lagern!
2. Erläutern Sie den Entwicklungsstand der eingezeichneten Zyklonen über dem Nordatlantik!
 - a) Begründen Sie die Niederschlagsbildung an den Fronten!
 - b) Welcher Luftdruck herrscht in den Zentren der Tiefs?
 - c) Welche Wettervorhersage kann für Island gegeben werden? (Zugrichtung der Zyklone nach NO)
3. Schildern Sie die Wetterlage über dem Festland!
 - a) Charakterisieren Sie die Luftmassen (siehe Luftmassenpfeile), die an der eingezeichneten Frontlinie aufeinandertreffen! Achten Sie auf die Temperaturwerte, den Bewölkungsgrad und die Windverhältnisse in den eingezeichneten Stationen!
 - b) Wie ist die ausgedehnte Niederschlagsbildung vor der Warmfront über Westeuropa zu erklären?
4. Weisen Sie am Verlauf der Windpfeile an den einzelnen Stationen die Strömungsverhältnisse im Hoch und Tief nach!
5. Welches Wetter herrscht in Berlin, Oslo, Venedig, Brest?

AUFGABE: Versuchen Sie, die beiden folgenden Wetterkarten (Seite 48) in gleicher Weise auszuwerten! Beide zeigen zwei ebenfalls typische Wetterlagen.



Wetterkarte: Strenge winterliche Kälte. Außerhalb des rechten Kartenrandes liegt das große sibirische Kältëhoch. Große Teile des Festlandes tragen eine Schneedecke. – Achten Sie auf die Windgeschwindigkeiten im Hoch und an seinem Rand!



Wetterkarte: Sommerlandregen. – Kennzeichnen und begründen Sie die Wettervorgänge im Grenzbereich beider Luftmassen!

IV. Das Klima

Im Gegensatz zum *Wetter*, das in den gemäßigten Breiten meist rasch von Ort zu Ort und von Tag zu Tag wechselt, und zur *Witterung*, die das durchschnittliche Wetter in einem längeren Zeitraum (etwa einer Woche, einem Monat oder auch einer Jahreszeit) umfaßt, versteht man unter dem Begriff *Klima*

die regelmäßige und charakteristische Abfolge der gesamten meteorologischen Erscheinungen in einem bestimmten Gebiet über viele Jahrzehnte.

Die Klimakunde oder Klimatologie bedient sich der meßbaren Erscheinungen des Wetters, wie Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Luftdruck, Windrichtung und Windstärke. Sie errechnet für diese Klimaelemente Mittelwerte und verfolgt deren Verteilung über das Jahr. Sie erkundet auch die im jeweiligen Gebiet immer wieder auftretenden typischen Wettererscheinungen. Sämtliche Forschungsergebnisse werden zusammengefaßt zu einer den gesamten Jahresablauf umfassenden *Klimabeschreibung*.

Für eine rasche Orientierung über die klimatischen Verhältnisse eines Ortes genügt es meist, die beiden wesentlichsten Klimaelemente in ihrem Jahresgang zu überschauen, nämlich Temperatur und Niederschlag. Dazu dient das *Klimadiagramm*, das Temperaturkurve und Niederschlagssäulen in sich vereint.

AUFGABEN: 1. Übertragen Sie nachstehend aufgeführte Temperatur- und Niederschlagswerte für Berlin als Klimadiagramm in Ihr Arbeitsheft! Benutzen Sie als Muster die Klimadiagramme auf den Seiten 54 und 55!

Temperatur in °C (Januar bis Dezember)

—0,7; 0,2; 3,3; 7,8; 13,3; 16,3; 17,9; 16,7; 13,4; 8,4; 3,3; 0,7.

Niederschlag in mm (Januar bis Dezember)

48; 34; 38; 42; 49; 55; 76; 56; 51; 39; 38; 52.

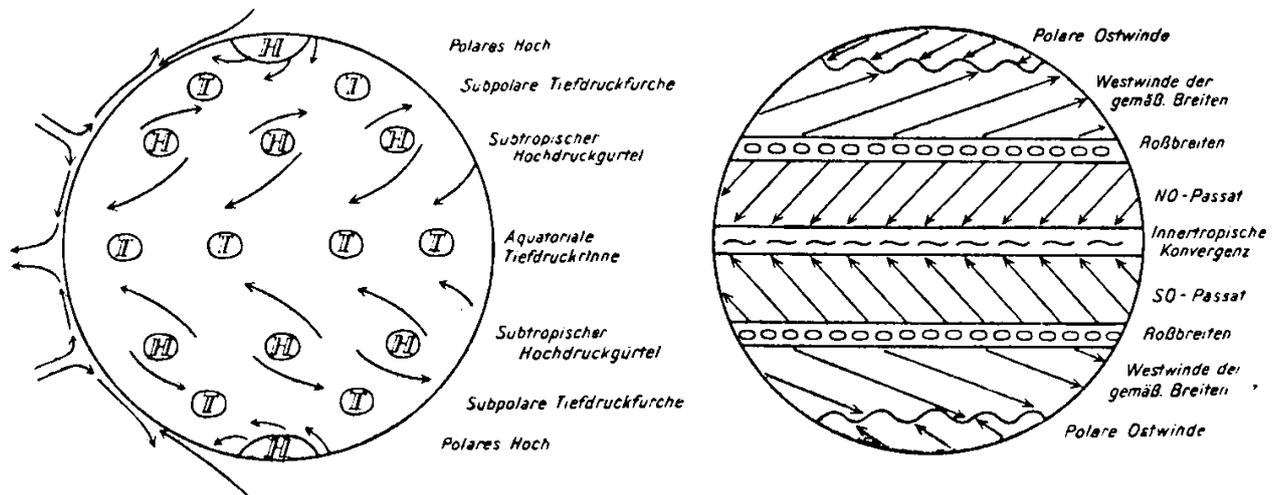
Errechnen Sie die Jahresmittelwerte für Temperatur und Niederschlag! –

2. Benutzen Sie Ihre bisher erworbenen Kenntnisse, um die Abhängigkeit des Klimas von nachstehend aufgeführten Faktoren darzulegen!

- a) *Breitenlage*. Gehen Sie auf die unterschiedlichen Einstrahlungsverhältnisse in den verschiedenen Breiten ein! (Siehe Kapitel „Die mathematischen Zonen der Erde“.)
- b) *Lage zum Meer*. Unterscheiden Sie zwischen kontinentalen und maritimen Verhältnissen! Nennen Sie Beispiele! (Siehe Abschnitt „Der jährliche Temperaturgang“.)
- c) *Höhenlage und Oberflächengestaltung*. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Höhenlage und Temperatur, Lage im Luv oder Lee von Gebirgszügen und Niederschlagshöhe!
- d) *Luftmassenbeschaffenheit*. Geben Sie einen Überblick über die Eigenschaften der Luftmassen, die den Witterungsablauf in Mitteleuropa gestalten! Beachten Sie die jahreszeitlichen Unterschiede!

Insbesondere sind es die Luftmassen mit ihren Eigenschaften, die das Klima in den einzelnen Erdräumen bestimmen. Die Bewegung dieser Luftmassen – der Wind – ist bekanntlich eine Ausgleichsströmung zwischen Hoch und Tief. Aus der zonalen Anordnung bestimmter Hoch- und Tiefdruckgebiete über unseren gesamten Planeten hin ergeben sich deshalb entsprechende Windzonen.

1. Das planetarische Windsystem



Die allgemeine Druckverteilung auf der Erde und die planetarischen Windgürtel. Die Verteilung von Land und Meer ist in dieser schematischen Skizze nicht berücksichtigt. In der Natur sind die Druck- und Strömungsgürtel nicht überall so regelmäßig angeordnet. – Begründen Sie die auf- und absteigenden Luftbewegungen in den Hoch- und Tiefdruckgebieten!

- AUFGABEN:** 1. Erklären Sie aus den Temperaturverhältnissen die polaren Hochdruckgebiete! – 2. Suchen Sie auf der Klimakarte im Atlas: das Islandtief, das Aläutentief; das Azorenhoch und das pazifische Hoch! – 3. Wo liegen auf der Südhalbkugel die Hochdruckzellen des subtropischen Hochdruckgürtels? (Siehe Atlaskarte „Erde, Klimazonen“.) – 4. Erklären Sie aus den Druckverhältnissen und der Ablenkung der Luftströmungen, wie
- die polaren Ostwinde,
 - die Westwinde der gemäßigten Breiten,
 - Nordost- und Südostpassat entstehen!

Nordost- und Südostpassat treffen im Äquatorbereich zusammen, sie konvergieren (lat. *convérgere* sich gegeneinander neigen, zusammenlaufen). In dieser *innertropischen Konvergenzzone* (abgekürzt ITC) mit aufsteigender Luftbewegung sind die Druckgegensätze gering. Es herrschen deswegen meist Windstillen oder nur schwache Winde. In der Zeit der Segelschifffahrt war diese *Kalmenzone* gefürchtet (frz. *calme* Windstille). Verbreitet treten auch westliche Winde auf.

*Das planetarische Windsystem umfaßt
die polare Ostwindzone,
die Westwindzone der gemäßigten Breiten,
die Passatzzone,
die innertropische Konvergenzzone (Kalmen und Westwinde).*

2. Die Hauptklimazonen der Erde

Bei der Ableitung der Hauptklimazonen aus dem planetarischen Windsystem sind zwei Gruppen zu unterscheiden. Zur ersten gehören die Klimazonen, deren Klima während des ganzen Jahres der Zugehörigkeit zum gleichen Windgürtel des planetarischen Windsystems entspricht. Man bezeichnet sie als *Zonen mit stetigem Klima*.

Da sich die Windgürtel mit dem Wandern des Sonnenhöchststandes im Nord-sommer nach Norden, im Nordwinter nach Süden verlagern, geraten die Grenzräume dieser Zonen stetigen Klimas im Sommer unter den Einfluß der einen, im Winter unter den der benachbarten Windzone des planetarischen Windsystems und damit in den Bereich anders gearteter Luftmassen. Diese Grenzräume bilden die zweite Gruppe der Hauptklimazonen: die *Zonen der Wechselklimate*.

AUFGABE: Verfolgen Sie die Ausdehnung der im folgenden genannten Klimazonen auf der Atlaskarte „Erde, Klimazonen“!

a) Die Zonen mit stetigem Klima

Die polare Klimazone. Im Bereich der polaren Ostwinde herrscht kaltes und niederschlagsarmes Polarklima. Die Erwärmung der Luft bleibt auch während des Polar-tages gering: Schnee und Eis reflektieren einen großen Teil der Strahlung; beim Tauen von Eis und Schnee wird Wärme verbraucht; trotz langer Einstrahlungsdauer ist die Einstrahlungsintensität wegen des niedrigen Sonnenstandes gering. Die Niederschläge fallen nur als Schnee.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie das Klimadiagramm von Barrow (siehe Seite 54) hinsichtlich des Jahresgangs von Temperatur und Niederschlag! – 2. Begründen Sie die geringe Niederschlagshöhe! Denken Sie an die absinkende Luftbewegung im Hoch und das Aufnahmevermögen der Polarluft für Wasserdampf!

Die gemäßigte Klimazone. Das Klima dieser Zone mit vorherrschenden westlichen Winden wird während des ganzen Jahres durch die wandernden Zyklonen beeinflusst. Das Wetter ist deshalb unbeständig. Auf der Nordhalbkugel schafft der Wechsel von weiten Meeresflächen und großen zusammenhängenden Landmassen eine besondere Vielgestaltigkeit des Klimas. Man unterscheidet deshalb innerhalb der gemäßigten Klimazone mehrere Klimatypen (siehe Abschnitt „Die Klimatypen der nördlichen gemäßigten Klimazone“).

Charakteristisch für das gemäßigte Klima sind die deutlich ausgeprägten vier Jahreszeiten.

Die Passatklimazone. Im Ursprungsgebiet der Passate, den subtropischen Hochdruckzellen, herrscht bei absinkender Luftbewegung vorwiegend Windstille, wolkenloses und trockenes Wetter. Hier liegen die sogenannten *Roßbreiten*, die ihren Namen zur Zeit der Segelschiffahrt erhielten, als die von Europa nach Mittel- und Südamerika transportierten Pferde wegen des Wassermangels häufig eingingen.

—Auf dem Festland treffen wir im Bereich der Roßbreiten auf die großen subtropischen Wüstengebiete der Erde.

Die von den Roßbreiten äquatorwärts zum tieferen Druck gerichtete Luftströmung (NO- und SO-Passat) ist besonders über dem Meer sehr beständig und gleichmäßig. Der NO-Passat hatte deshalb für die Segelschiffahrt von Europa nach Mittel- und Südamerika große Bedeutung (port. *passáta* Überfahrt).

Die Passate sind im allgemeinen trockene Luftströmungen. Nur dort, wo sie an den Ostseiten der Kontinente durch Gebirge zum Aufsteigen gezwungen werden, kommt es an den Luvseiten der Gebirge zu kräftigen Niederschlägen, während im Lee und weiter nach dem Landesinneren zu die Niederschlagshöhe rasch abnimmt (siehe Klimadiagramme von Mursuk und Tamatave auf Seite 55).

- AUFGABE: Stellen Sie nach der Atlaskarte „Erde, Klimazonen“ fest,
- welche Wüsten im Bereich des trockenen Passatklimas liegen,
 - welchen Ländern das feuchte Passatklima ergiebige Niederschläge bringt!

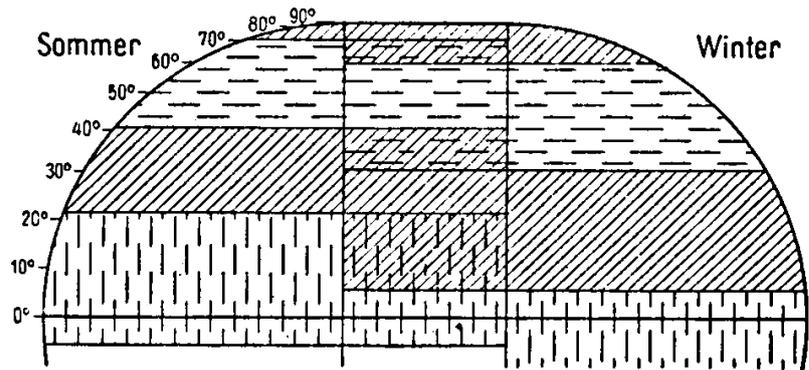
Die äquatoriale Klimazone. Hohe Temperaturen am Erdboden, der große Wasserdampfgehalt der unteren Luftschichten und die Verstärkung der aufsteigenden Luftströmung durch die ITC gestalten das Klima der äquatorialen Zone. Es ist gekennzeichnet durch gleichbleibend hohe Monatsmittel der Temperatur (25 bis 30 °C) und tägliche starke Regengüsse, die meist mit Gewittern gekoppelt sind. Diese täglichen Gewitterregen sind am stärksten als Zenitalregen beim Zenitstand der Sonne (siehe Klimadiagramm von Bali auf Seite 55).

- AUFGABE: Entnehmen Sie der Atlaskarte die Gebiete des immerfeuchten tropischen Klimas (Äquatorialklimas), und schildern Sie die Besonderheiten der dort vorhandenen natürlichen Vegetation (siehe auch Atlaskarte „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“)!

b) Die Zonen der Wechselklimate

Die Zone des subpolaren Wechselklimas gehört in einem Jahresteil der Zone der polaren Ostwinde, im anderen der Westwindzone der gemäßigten Breiten an. Es

Die Entstehung der Wechselklimate



wechseln dadurch eine Jahreszeit mit strengem Frost (Winter) und eine Jahreszeit mit Tauwetter (Sommer) (siehe Klimadiagramm von Churchill auf Seite 54).

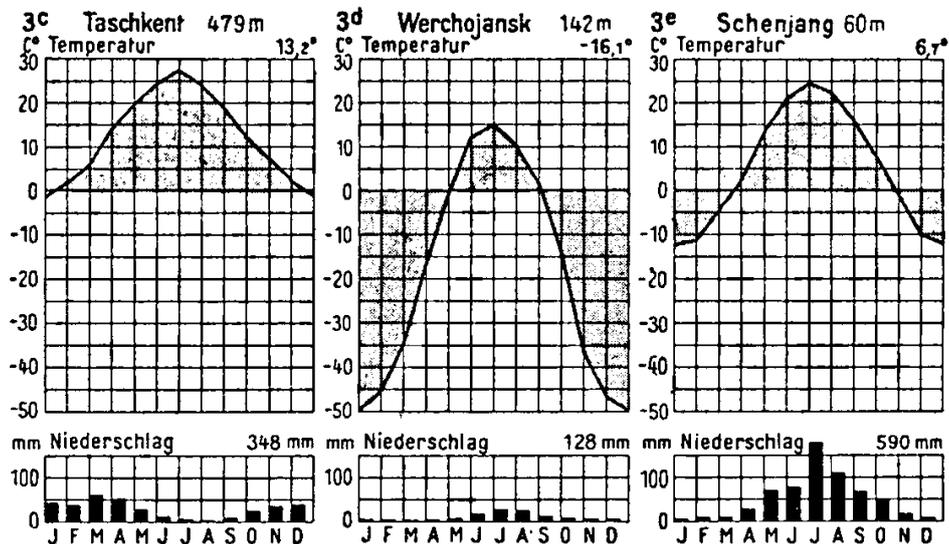
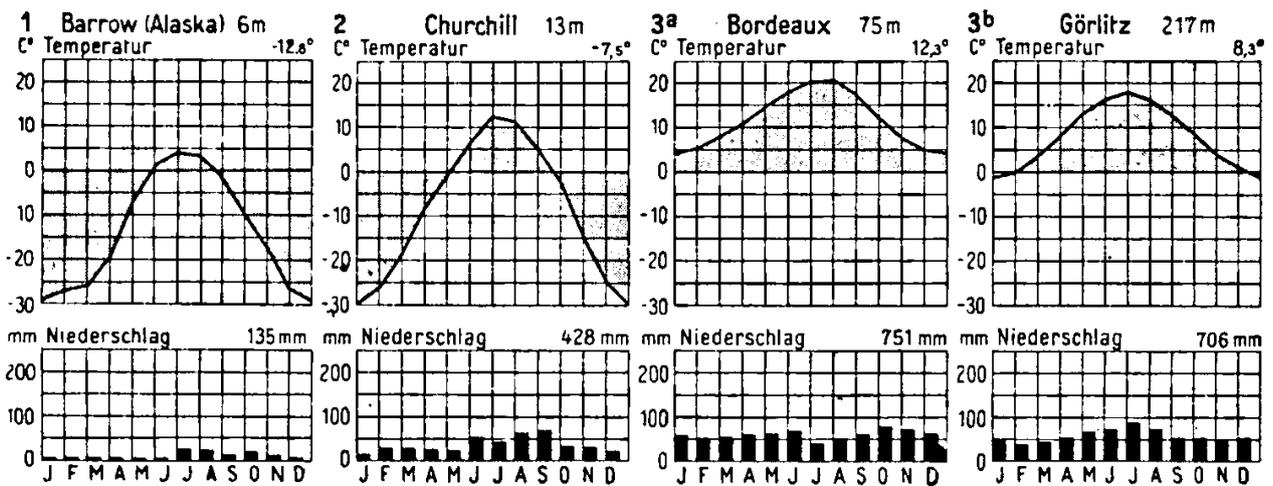
AUFGABE: Stellen Sie durch Vergleich der Atlaskarten „Erde, Klimazonen“ und „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“ fest, welche natürliche Vegetationsform für das subpolare Wechselklima typisch ist!

Die Zone des subtropischen Wechselklimas ist besonders ausgeprägt im europäischen Mittelmeerraum. In den Wintermonaten empfängt dieses Gebiet durch die Luftmassen der Westwindzone der gemäßigten Breiten mit ihren wandernden Zyklonen Niederschläge. Im Sommer dagegen liegt es im Passatgürtel; es herrscht trockenheißes Passatklima. Es wechseln also trockene, heiße Sommer mit milden, feuchten Wintern (siehe Klimadiagramm von Malta auf Seite 55).

AUFGABE: Begründen Sie nach der Atlaskarte „Erde, Klimazonen“, weshalb an den Ostseiten der Kontinente das subtropische Klima auch im Sommer Niederschläge aufweist! Achten Sie auf die Windpfeile zwischen den Hochdruckzellen über dem Meer und dem sommerlichen Tief über dem Kontinent (siehe auch Klimadiagramm von Miami auf Seite 55).

Die Zone des tropischen Wechselklimas entsteht durch das Wandern der ITC und der damit verbundenen Zenitalregen. Die äquatoriale Klimazone wird deshalb polwärts umsäumt von Räumen, die in einem Teil des Jahres trockenenes Passatklima aufweisen (Trockenzeit), während im anderen sehr ergiebige Zenitalregen fallen (Regenzeit). Es wechseln also sehr warme Regenzeiten mit heißen Trockenzeiten.

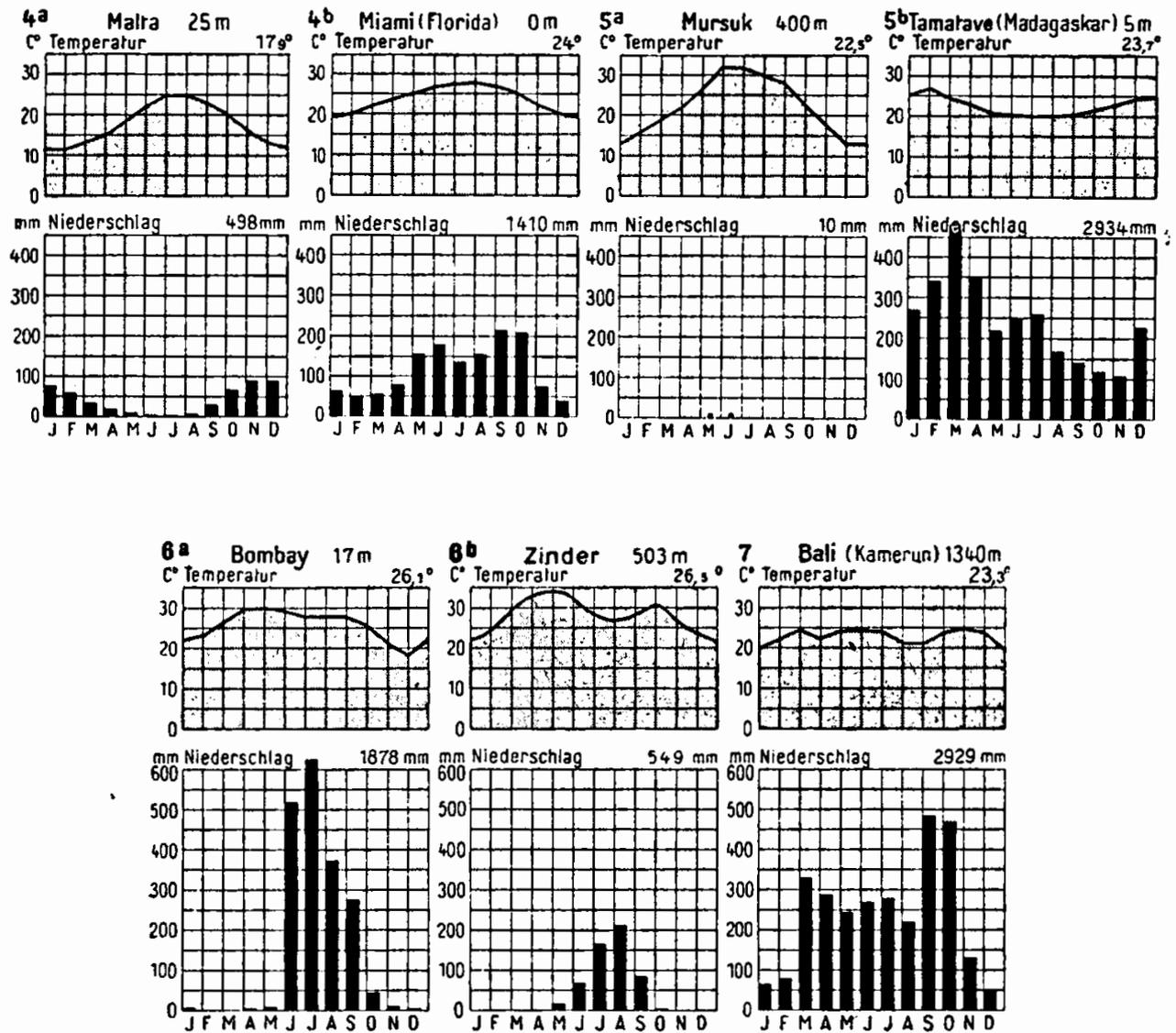
Zweimal im Jahr steht die Sonne am Äquator im Zenit. Deshalb haben die äquatornahen Gebiete dieser Klimazone jährlich zwei Regenzeiten und zwei Trockenzeiten. Nach den Wendekreisen zu rücken beide Regenzeiten immer dichter aneinander, bis sie schließlich zu einer einzigen Regenzeit zusammenfallen, auf die die lange Trockenzeit des übrigen Jahres folgt (siehe Klimadiagramm von Zinder auf Seite 55).



Klimadiagramme

von Barrow, Churchill, Bordeaux, Görlitz, Taschkent, Werchojansk und Schenjang

Eine besondere Art des tropischen Wechselklimas ist das *Monsunklima* Indiens. Unter dem Einfluß der im Sommer sehr stark erwärmten asiatischen Landmasse bildet sich über Iran ein ausgeprägtes Hitzetief, wodurch die Verlagerung der ITC mit ihren Zenitalregen hier besonders weit nach Norden reicht. Die südlich der ITC wehenden warmfeuchten West- und Südwestwinde beladen sich über dem Indischen Ozean noch zusätzlich mit Wasserdampf und bewirken – vor allem bei Stauwirkung an Gebirgen – gewaltige Niederschläge (bis zu 12000 mm im Jahr). Dieser feuchte Sommermonsun (Südwestmonsun) wird mit dem Rückwandern der ITC durch den vorwiegend trockenen Wintermonsun abgelöst, der normalen Strömung des NO-Passats (siehe Klimadiagramm von Bombay auf Seite 55).



Klimadiagramme

von Malta, Miami, Mursuk, Tamatave, Bombay, Zinder und Bali

AUFGABEN: 1. Überprüfen Sie die Niederschlagsverteilung im indischen Raum nach Atlaskarte „Asien, mittlere jährliche Niederschläge“, und erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Niederschlagshöhe und Relief! – 2. Welchen Teilen Indiens bringt der winterliche NO-Passat Niederschläge? Begründen Sie die Niederschlagstätigkeit in diesem Raum!

Die Einteilung der Erde in sieben Hauptklimazonen fußt auf dem planetarischen Windsystem unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Verschiebung der planetarischen Windgürtel.

3. Die Klimatypen der nördlichen gemäßigten Klimazone

Die großen Landmassen der Kontinente beeinflussen die Windgürtel der Erde und wandeln die Klimate der einzelnen Zonen ab. Das ist besonders in der nördlichen gemäßigten Zone der Fall. Dort tragen die Westwinde feuchte Meeresluft in das Innere der Kontinente. Je weiter die Zyklonen in das Land vordringen, um so weniger Niederschläge geben sie ab. Die Binnengebiete der Kontinente sind deshalb bedeutend niederschlagsärmer als die Westseiten.

Ebenso nimmt der mildernde Einfluß der Meeresluft von Westen her ab. Die Westseiten der Kontinente sind außerdem durch die warmen Meeresströmungen im Winter sehr begünstigt. An den Ostseiten dagegen dringt im Winter die kontinentale Kaltluft, die aus den Hochdruckgebieten abfließt, weit nach Süden vor. Im Sommer strömen warme Luftmassen vom Meere ein, so daß reichliche Niederschläge fallen.

Von W nach O verzeichnet die Klimakarte deshalb folgende *Klimatypen*:

- a) *Seeklima der Westseiten* mit der geringsten Jahresschwankung der Temperatur und den höchsten Niederschlägen (siehe Klimadiagramm von Bordeaux auf Seite 54),
- b) *Übergangsklima*, zu dessen Bereich auch unsere Republik gehört (siehe Klimadiagramm von Görlitz auf Seite 54),
- c) *kühles Kontinentalklima* mit der höchsten Jahresschwankung der Temperatur und den geringsten Niederschlägen (siehe Klimadiagramm von Werchojansk auf Seite 54),
- d) *Ostseitenklima* mit strengen Wintern und warmen regenreichen Sommern (siehe Klimadiagramm von Schenjang auf Seite 54).

Alle diese Klimagebiete erhalten das ganze Jahr über Niederschläge. Das Niederschlagsmaximum liegt in der warmen Jahreszeit, also in der Vegetationsperiode.

Anders ist das in den südlichen Binnenländern der gemäßigten Zone, die außerdem durch Gebirge nach Westen hin abgeschirmt werden. Diese Räume (siehe Klimadiagramm von Taschkent auf Seite 54) erhalten ihre Niederschläge vorwiegend im Winter, wenn sich die Westwindzone mit den Zyklonen nach Süden verlagert. Hier im *sommerwarmen Kontinentalklima* finden wir deshalb die Steppen und Wüsten der nördlichen gemäßigten Zone.

AUFGABEN: 1. Sprechen Sie über das verschiedene Verhalten von Wasser und Land gegenüber der Sonneneinstrahlung! – 2. Erläutern und begründen Sie den Isothermenverlauf in der Atlaskarte „Asien, wirkliche mittlere Januartemperaturen“ für das Gebiet der gemäßigten Klimazone! – 3. Begründen Sie, weshalb der Gegensatz zwischen Land- und Seeklima in den gemäßigten Breiten der Südhalbkugel nur wenig in Erscheinung tritt!

4. Klimaschutz für die Exportindustrie

Die Kenntnis der Besonderheiten der einzelnen Klimazonen der Erde ist wichtig für jene Zweige unserer Industrie, die ihre Erzeugnisse in viele Länder der verschiedensten Klimabereiche exportieren. Maschinen, Isolierstoffe, Plastmaterial, Holz-

teile und Schmiermittel, die unter den klimatischen Bedingungen unserer Republik allen Ansprüchen genügen, müssen daraufhin überprüft werden, ob sie den klimatischen Verhältnissen im Lande des Käufers unserer Waren entsprechen.

Schädigende Klimaeinflüsse ergeben sich unmittelbar aus Extremwerten der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, durch Staub- und Sandreichtum, der besonders die Laufflächen der Maschinen angreift; mittelbar wirkt das Klima durch Zerstörung von Holz, Leder, Papier und Textilien infolge Fraß von Insekten, Milben, Würmern, Nagetieren.

Unter Beteiligung des Hauptamtes für Klimatologie in Potsdam wurde in der Deutschen Demokratischen Republik eine Einteilung der Klimagebiete der Erde nach technischen Gesichtspunkten vorgenommen und vom Rat für Gegenseitige Wirtschaftshilfe allen Mitgliedsländern zur Anwendung empfohlen. Diese Festlegung für den Klimaschutz technischer Erzeugnisse ist bisher einmalig in der Welt. Sie unterscheidet folgende Klimagebiete:

Kälteklima: Lufttemperatur häufig unter $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, Reifbildung, Vereisung, Schneestürme.

Gemäßigtes Klima: Wintertemperaturen selten unter $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, Sommertemperaturen selten über $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperaturen über $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ fast nie zusammen mit relativer Luftfeuchte über 80%. Einwirkung biologischer Faktoren.

Feuchtwarmes Klima: Temperaturen über $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ zusammen mit relativer Luftfeuchte über 80% nicht weniger als 12 Stunden am Tag im Verlauf von mindestens zwei Monaten im Jahr. Starke Sonneneinstrahlung, starke Regen, zuweilen auch Sand- und Staubeinwirkung, Einwirkung biologischer Faktoren.

Trockenklima: Lufttemperaturen bis $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, starke Sonneneinstrahlung bei niedriger relativer Luftfeuchte, große tägliche Temperaturschwankung, hoher Sand- und Staubgehalt der Luft.

Auf der Grundlage dieser Klimaeinteilung sind standardisierte Klimaschutzarten entwickelt worden, die von den Konstrukteuren und Technikern zu beachten sind. Geeignete Anstriche zum Beispiel erhöhen den Korrosionsschutz und helfen gegen biologische Schädlinge. Galvanische Überzüge schützen solche Teile, die nicht lackiert werden dürfen. Besondere Aufmerksamkeit erfordert der Schutz des Handelsguts während des Transports bis zum Einsatzort. Durch moderne Verpackungsverfahren (Umspinnung, Einschweißen in PVC-Hüllen unter Beigabe von wasserabsorbierenden Stoffen) schaltet man ungünstige klimatische Einflüsse auf dem Transportweg aus.

AUFGABE: Stellen Sie fest, in welche Länder ein in Ihrer Nähe gelegener Betrieb Waren exportiert! Wie wird der Klimaschutz – auch bei der Verpackung – gehandhabt?

5. Das Kleinklima

In der bodennahen Luftschicht (0 bis 2 m Höhe über dem Erdboden) herrschen besondere klimatische Bedingungen, die als *Kleinklima* bezeichnet werden. Es weicht vom bisher betrachteten Großklima zum Teil erheblich ab.

Der Wind wird in Bodennähe durch den Pflanzenwuchs, Gebäude und andere Hindernisse abgebremst und abgelenkt.

Da die Lufttemperatur von der Wärmeabgabe des Bodens abhängt, herrschen dicht über dunklem Ackerboden andere Temperaturen als zum Beispiel über den Betonpisten oder der Grasnarbe eines Flugplatzes.

Eine dichte Pflanzendecke, etwa ein geschlossener Hochwald, verringert einerseits die Einstrahlung, hemmt dafür andererseits die Wärmeausstrahlung des Bodens.

An trockenheißen Sommertagen ist die Luftfeuchtigkeit dicht über einer Wiese größer als in den höheren Luftschichten, da Kräuter und Gräser einen Teil des am Boden verdunstenden Wassers in der bodennahen Luftschicht festhalten und ihr außerdem durch die Transpiration noch Feuchtigkeit hinzufügen.

Selbst die Verunreinigung der Luft durch Rauch und Industrieabgase wandelt die Wettererscheinungen auch außerhalb der bodennahen Schicht in den Großstädten und in Industriegebieten ganz erheblich.



Feldschutzstreifen in der Sowjetunion. – In welchen Teilen der Sowjetunion sind Feldschutzstreifen angelegt worden?

Die bodennahe Luftschicht gewinnt ihre Bedeutung dadurch, daß der Mensch in ihr lebt und arbeitet und auch das Leben der meisten Tiere und Pflanzen sich in ihr abspielt.

Nachdem die Gesetzmäßigkeiten, denen auch das Kleinklima unterworfen ist, erkannt waren, hat man immer wieder versucht, günstige Bedingungen des Kleinklimas auszunutzen und ungünstige durch künstliche Eingriffe zu verändern.

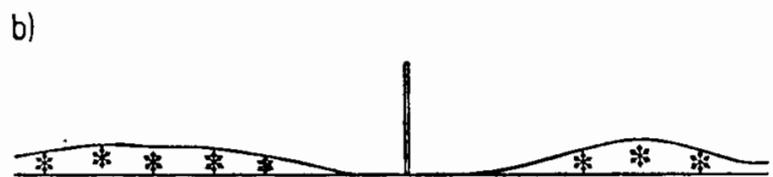
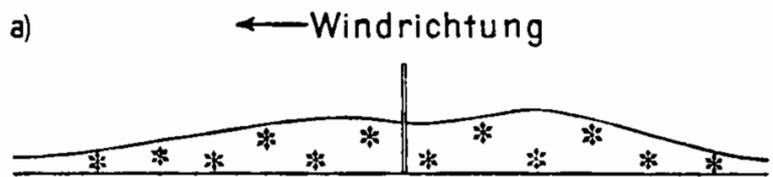
a) *Der Windschutz*

Durch stetige kräftige Winde wird die Verdunstung des Wassers aus dem Boden vergrößert. Heftiger Wind bläst im Winter die den Boden vor starkem Frost schützende Schneedecke von den Feldern. Im Sommer verfrachtet er große Mengen fruchtbaren Ackerbodens über weite Entfernungen.

Diese schädlichen Einwirkungen des Windes vermindert man durch Hecken- und Waldstreifen. Diese senkrecht zur Hauptwindrichtung stehenden Hindernisse heben den Luftstrom vom Boden ab und bremsen die Windgeschwindigkeit, und zwar vor und hinter dem Hindernis. Der zwischen den Heckenstreifen festgehaltene Schnee ergibt im Frühjahr bei der Schneeschmelze eine bedeutende Wasserzufuhr für den Boden. Sie ist in den trockenen Steppengebieten sehr wesentlich für die Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge.

Auf kleineren Räumen gibt es solche Schutzpflanzungen in vielen Ländern der Erde schon seit langer Zeit. Wir finden sie in der ebenen, baumlosen Magdeburger Börde ebenso wie in Westdeutschland in Schleswig-Holstein (Knicks) oder in Nordfrankreich. Viel umfassendere Schutzmaßnahmen, die sich über Tausende Quadratkilometer erstrecken, können jedoch nur unter sozialistischen Bedingungen verwirklicht werden, da allein diese eine großzügige Planung und Durchführung der Arbeiten zum Nutzen der gesamten Volkswirtschaft gestatten.

Am besten erkennt man die Verminderung der Windgeschwindigkeit in der Umgebung eines Schneezaunes: Je stärker der Wind abgebremst wird, um so größer ist die Schneeablagerung vor und hinter dem Zaun.



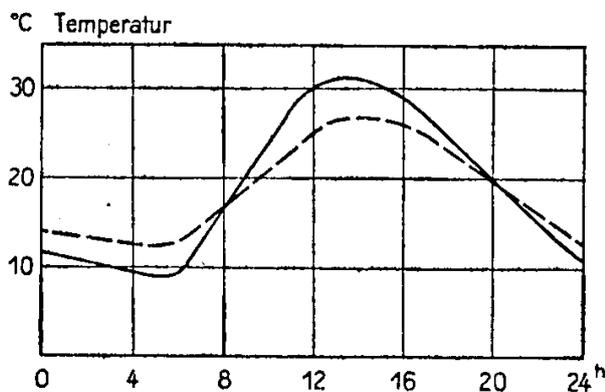
Schneeablagerung am Schneezaun
a) günstige Ablagerung
b) Luftwirbel haben den Schnee am Zaun weggefegt

Schneezäune und Windschutzstreifen dürfen niemals so dicht sein, daß sie wie eine Mauer wirken. Ein Teil des Luftstroms muß sie durchwehen können, weil sich sonst Luftwirbel bilden, die die beabsichtigte Wirkung ins Gegenteil verkehren.

Bei der Anlage einer Windschutzpflanzung muß bedacht werden, daß der Windschutz nicht nur das Abblasen der schützenden Schneedecke und der fruchtbaren Bodenkrume verhindert, sondern zugleich die Verdunstung verringert. Damit aber können in einem gut beregneten Gebiet und an der Küste die Böden vernässen, wodurch die Erträge absinken.

b) Der Frostschutz

Am Erdboden ist bei wolkenlosem Himmel die tägliche Temperaturschwankung viel größer als darüber, weil ja Erwärmung und Abkühlung vom Erdboden ausgehen. Deshalb treten dicht über dem Boden gerade im Frühjahr und Herbst Bodenfröste häufiger auf.



Tagesgang der Lufttemperatur in 0,3 m (ausgezogene Linie) und 2 m Höhe (unterbrochene Linie) über dem Erdboden

Am größten ist die Frostgefahr in Tälern und Mulden. Die abgekühlte Luft sinkt von den Hängen zum Talboden ab. Kann sie von dort nicht rasch weiterfließen, dann bildet sich über dem Talboden ein „Kaltluftsee“ aus. Über dem Talboden ist es dann erheblich kälter als an den Hängen oder auf den Höhen. In den Morgenstunden kann man die Obergrenze dieser Kaltluft im Tal unmittelbar beobachten, weil der Wasserdampf in der kühleren Luft kondensiert und sich Dunst oder auch Nebel bildet. Über dem Kaltluftsee ist die Sicht meist besser.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um die Frostgefahr für empfindliche Kulturen in den Tälern zu verringern. So kann man durch Hecken- und Waldstreifen am Hang verhindern, daß die Kaltluft den Hang abwärtsgleitet und den Kaltluftsee im Tal vergrößert. Zum Schutz von Obst- und Weingärten brennt man bei Frostgefahr Feuer an, die möglichst viel Rauch erzeugen. Stauweiher wirken temperaturerhöhend, weil beim Gefrieren der Wasseroberfläche Wärme frei wird. Jede Frostschutzmaßnahme muß sorgfältig geplant und ihre nützliche Wirkung vorher genau abgeschätzt werden.

AUFGABE: Inwiefern wird der Rauch als Frostschutz wirksam?

6. Das Stadtklima

Großstädte wandeln alle Wettererscheinungen zum Teil erheblich ab.

Der Wind wird durch die hohen Gebäude abgebremst oder dort, wo er in eine enge Bahn eingezwängt wird, auch verstärkt. Die Temperaturen sind im Winter wegen der Gebäudeheizung etwas höher als außerhalb der Stadt.

Der wichtigste Faktor im Stadtklima ist jedoch der Staub, der durch den Straßen- und Eisenbahnverkehr, durch die Industrie und die Heizung entsteht. Über den Großstädten lagern, besonders bei Windstille oder geringer Luftbewegung, mächtige Staubmengen als Dunsthaube, die die Sonneneinstrahlung erheblich mindert.

Durch die Staubanreicherung wird auch der Niederschlag über der Großstadt beeinflusst. Die Flächen, über denen die Verunreinigung der Luft am größten ist, bekommen in der Regel höhere Niederschläge als die staubfreie Umgebung. Auch Nebel treten häufiger auf.

Die moderne Stadtplanung ist bemüht, die Nachteile der Großstadt durch entsprechende Bauweise zu verringern: Parkanlagen, Grünstreifen, Verlagerung der Wohnviertel in die Außenbezirke, Trennung der Produktionsstätten von den Wohnvierteln, Filtereinbau in Industrieschornsteine sollen auch der Stadtbevölkerung ein gesundes Kleinklima schaffen.

Dieses Bestreben wird besonders bei der Anlage neuer sozialistischer Städte deutlich.

AUFGABEN: 1. Untersuchen Sie in Ihrem Heimatort die besonderen Bedingungen des Kleinklimas! Achten Sie auf günstige und ungünstige Faktoren! - 2. Stellen Sie in einer LPG fest, wie sich das Kleinklima auf die Kulturen, die Bodenverhältnisse, den Wasserhaushalt auswirkt! Welche Schutzmaßnahmen gegen schädliche Auswirkungen wurden eingeleitet? - 3. Erläutern Sie, inwiefern bei der Anlage Eisenhüttenstadts die Prinzipien einer modernen Stadtplanung verwirklicht wurden!

C. Die Wasserhülle der Erde

Mannigfaltig sind die Erscheinungsformen des Wassers in der Natur: Wir finden es in flüssigem Zustand vor allem in den großen Ozeanen mit ihren Nebenmeeren und Buchten; aber auch auf den Kontinenten tritt es in Flußläufen und Seen, in Sümpfen und Quellen auf. In fester Form begegnet uns das Wasser in den Gletschern der Hochgebirge und in den Eismassen der Polargebiete. Schließlich ist das Wasser noch gasförmig in den unteren Schichten der Atmosphäre als Wasserdampf verteilt. Erst nach dessen Kondensation wird das Wasser als Wolke oder Nebel sichtbar und kann als Niederschlag ausfallen.

Alle diese Erscheinungsformen des Wassers faßt man unter dem Namen *Wasserhülle (Hydrosphäre)* zusammen.

- AUFGABEN: 1. Erklären Sie den Begriff „Wasserhülle der Erde“! –
2. Erläutern Sie an Hand von Beispielen die Bedeutung der Wasserhülle der Erde für die menschliche Gesellschaft!

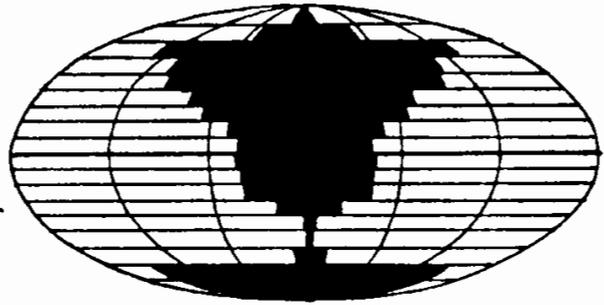
I. Das Weltmeer

Während die Lufthülle den gesamten Erdball zusammenhängend umgibt, ist die Wasserhülle überwiegend in den drei großen Weltmeeren konzentriert. Wie gewaltige Inseln ragen die Kontinente daraus hervor.

<i>Die Verteilung von Meer und Land auf der Erdoberfläche</i>			
	Erde	Nordhalbkugel	Südhalbkugel
Meeresoberfläche	361 Mill. km ² = 71 %	61 %	81 %
Landoberfläche	149 Mill. km ² = 29 %	39 %	19 %

AUFGABE: Werten Sie die vorstehende Tabelle aus, und erläutern Sie an Hand von Globus und Atlaskarte „Erde, Oberflächenformen“ die ungleichmäßige Verteilung von Wasser und Land auf der Erdoberfläche!

Die Landflächen in verschiedenen geographischen Breiten



1. Die Gliederung des Weltmeeres

Ozeane	Oberfläche	mittlere Tiefe
Stiller Ozean	180 Mill. km ²	4000 m
Atlantischer Ozean	106 Mill. km ²	3300 m
Indischer Ozean	75 Mill. km ²	3900 m
Weltmeer	361 Mill. km ²	3700 m

Vom offenen Ozean sind die *Nebenmeere* zu unterscheiden:

Mittelmeere sind zwischen Kontinenten eingeschlossen und verhältnismäßig tief (europäisches, amerikanisches, asiatisch-australisches und arktisches Mittelmeer).

Randmeere sind Ozeanteile an den Rändern der Kontinente. Sie sind häufig durch Halbinseln oder Inselketten vom offenen Meer getrennt (Nordsee, Gelbes Meer).

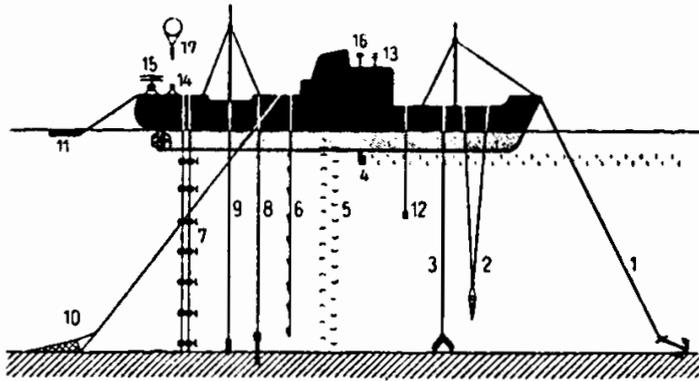
Binnenmeere liegen innerhalb einer Landmasse, sind relativ klein, meist ziemlich flach und haben schmale Ausgänge (Ostsee, Schwarzes Meer).

AUFGABEN: 1. Stellen Sie nach dem Atlas eine Liste von Rand- und Binnenmeeren auf! – 2. In den hohen Breiten der Südhalbkugel fehlen Landstrichen zwischen den Ozeanen. Verfolgen Sie die festgelegten Grenzlinien auf der Atlaskarte „Erde, Oberflächenformen“! Stiller Ozean – Atlantischer Ozean: von Kap Hoorn zur Nordspitze des Grahamlandes; Atlantischer Ozean – Indischer Ozean: entlang dem 20° O-Meridian; Indischer Ozean – Stiller Ozean: längs des Meridians durch die Südspitze Tasmaniens.

2. Meerestiefen und Meeresboden

Der Farbwechsel bei der Darstellung des Meeres auf der Atlaskarte „Erde, Oberflächenformen“ läßt folgendes erkennen:

a) Tiefer gelegene *Meeresbecken* werden durch langgestreckte *Rücken* oder *Schwellen* voneinander getrennt. Im Atlantischen Ozean erstrecken sich parallel zu den Küsten die Nord- und die Südatlantische Schwelle. So lang wie die nord- und



Die wichtigsten Geräte eines ozeanographischen Forschungsschiffes. – 1 Tiefseeanker, 2 Planktonnetz, 3 Bodengreifer, 4 Horizontalecholot, 5 Vertikalecholote (Tiefseelote), 6 Wasserschöpfer und Tiefseethermometer, 7 Strommesser, 8 Stoßröhre für Bodenuntersuchungen, 9 Tiefseelot, 10 Tiefseeschleppnetz, 11 Meßgeräte für den Erdmagnetismus, 12 Fühler für Temperatur und Salzgehalt, 13 Meteorologische Meß-

instrumente, 14 Wellenmeßgerät, 15 Hubschrauber, 16 Radargerät, 17 Ballon mit Radio-sonde. – Beim Echolot wird ein vom Schiff ausgehendes Schallsignal vom Meeresboden reflektiert und trifft wieder beim Schiff ein. Aus der Zeitdifferenz zwischen Abgang und Eintreffen des Signals sowie der bekannten Schallgeschwindigkeit im Wasser läßt sich der vom Schall zurückgelegte Weg (doppelte Meerestiefe) berechnen. Das neueste Verfahren benutzt Ultraschallimpulse

südamerikanischen Kordilleren, stellenweise bis 800 km breit, erheben sie sich bis 3000 m hoch über die bis 6000 m tiefen Becken an beiden Seiten. – Sowjetische Forscher entdeckten auch im Nordpolarmeer zwei mehrere tausend Kilometer lange, bis 3500 m hohe Rücken (Lomonossowrücken, Mendelejewrücken).

- b) Die tiefsten Stellen des Weltmeeres liegen in den rinnenförmigen *Tiefseegräben*. Sie sind am häufigsten im Stillen Ozean. Dort wurde im Marianengraben (Witjas-Tiefe) die größte bisher ermittelte Meerestiefe mit 11 034 m gelotet.

AUFGABE: Stellen Sie die Namen und Tiefen der in der Atlaskarte „Erde, Oberflächenformen“ verzeichneten Tiefseegräben, nach Ozeanen getrennt, zusammen!

- c) Fast alle Kontinente werden von einem im Durchschnitt nur 200 m tiefen Meeresstreifen umgeben. Das Wasser bedeckt hier den Festlandssockel oder *Schelf* und



Gliederung der Tiefsee. Profil durch den Südtel des Atlantischen Ozeans von Patagonien zum Kapland. – Übertragen Sie die Abbildung in Ihr Arbeitsheft und setzen Sie die Namen der Becken und der Schwelle ein! Kennzeichnen Sie Schelf und Kontinentalabhang!

umgürtet als flaches *Schelfmeer* bald mehr, bald weniger breit das Festland. Erst hinter dem Schelf leitet der *Kontinentalabhang* zur eigentlichen *Tiefsee* über. Der Kontinent endet also erst am Kontinentalabhang.

AUFGABEN: 1. Stellen Sie an Hand der Atlaskarte fest, wo besonders breite Schelfe entwickelt sind! – 2. Erläutern Sie die Folgen, die ein Sinken des Meeresspiegels um 200 m hätte!

Die Erhebungen und Einsenkungen des Meeresbodens ergeben jedoch kein so bewegtes Relief, wie wir es von einer Gebirgslandschaft auf dem Festland kennen. Die Kräfte, die das Land gestalten, können hier nicht wirken, und die Reliefunterschiede werden allmählich durch Ablagerung von Kalk- und Kieselschalen kleinster Meereslebewesen verringert.

Das Weltmeer umfaßt die drei Ozeane mit ihren Randmeeren, dazu Mittelmeere und Binnenmeere. Seine Gesamtoberfläche ist fast zweieinhalbmal so groß wie die Landoberfläche. Der Meeresboden ist gegliedert durch Schwellen, Becken und Gräben.

3. Der Salzgehalt des Meeres

Der durchschnittliche Salzgehalt des Meerwassers beträgt 35 Promille (1 Liter enthält 35 g Salze). Den größten Anteil hat das Kochsalz (78 Prozent aller im Meerwasser gelösten Stoffe. Magnesiumsalze machen das Meerwasser bitter). Der Salzgehalt des Oberflächenwassers schwankt in den einzelnen Meeresbereichen. Er ist abhängig von der Verdunstung, den Niederschlägen und den Süßwasserzuflüssen.

AUFGABE: Begründen Sie unter Beachtung dieser Faktoren folgende Tatsachen:

- a) An den Wendekreisen ist der Salzgehalt des Ozeans am größten, vor allem in Nebenmeeren der Passatzzone (Mittelmeer und Rotes Meer etwa 40 Promille).
- b) Der durchschnittliche Salzgehalt der Ostsee beträgt etwa 10 Promille, in der östlichen Ostsee sogar nur 4 Promille.

An vielen Küsten, die hohe Temperaturen, hohe Verdunstung und geringe Niederschläge aufweisen, wird Salz aus dem Meer in *Salzgärten* gewonnen: In flachen, abgedämmten Strandbecken läßt man das Wasser verdunsten und gewinnt eine hochkonzentrierte Salzlösung, aus der die Salze auskristallisieren. Im europäischen Mittelmeerraum sind Spanien, Italien und die Türkei die größten Seesalzerzeuger (60 m³ Meereswasser ergeben etwa 1 m³ Salze).

4. Die Oberflächentemperatur des Meeres

Die allgemeine Abnahme der Temperaturen auf dem Festland von den niederen Breiten zu den Polen findet sich auch auf den Meeresflächen: Tropische Meere haben Oberflächentemperaturen von 25 bis 28 °C, polare Meere bis -2 °C. (Meerwasser mit 35 Promille Salzgehalt gefriert erst bei -2 °C.)

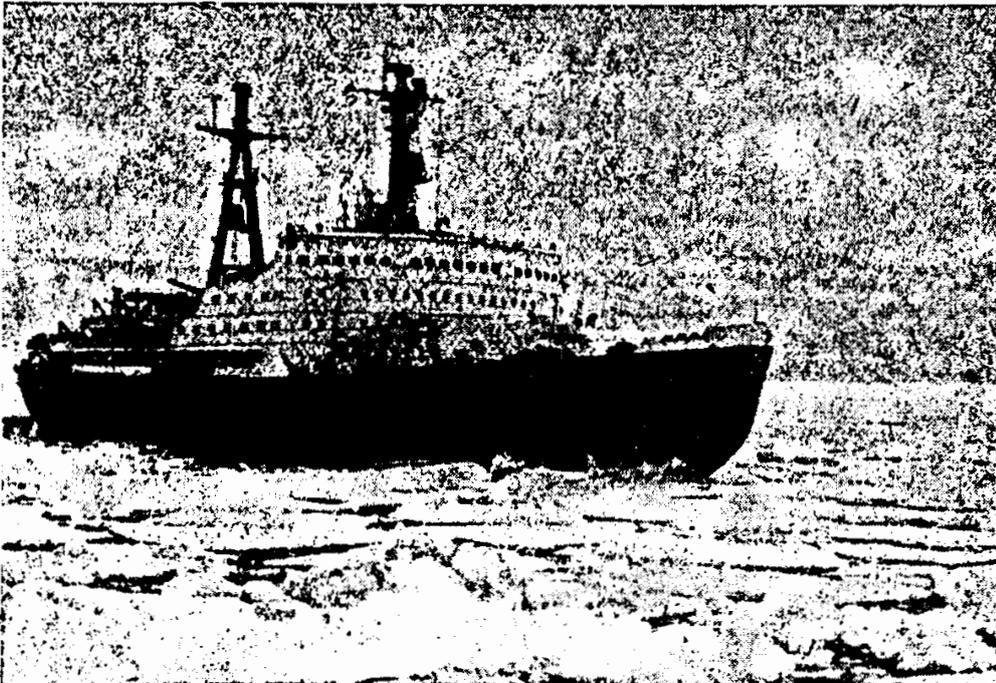
Da sich das Meer langsamer erwärmt als das Festland und entsprechend langsamer abkühlt, sind die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen der Meeresoberfläche wesentlich geringer als die des Festlandes.

Jährliche Temperaturschwankungen der Meeresoberfläche	
Äquatorbereich	etwa 1 °C
mittlere Breiten	etwa 5 °C
Ostsee	15 bis 20 °C

AUFGABEN: 1. Begründen Sie die starken Temperaturschwankungen des Oberflächenwassers der Ostsee! - 2. Erläutern Sie die Auswirkung der geringen Schwankungen der Oberflächentemperatur des Weltmeeres auf das Klima des meernahen Festlandes!

5. Das Eis im Meer

AUFGABE: Sprechen Sie über die klimatischen Verhältnisse der Polargebiete!

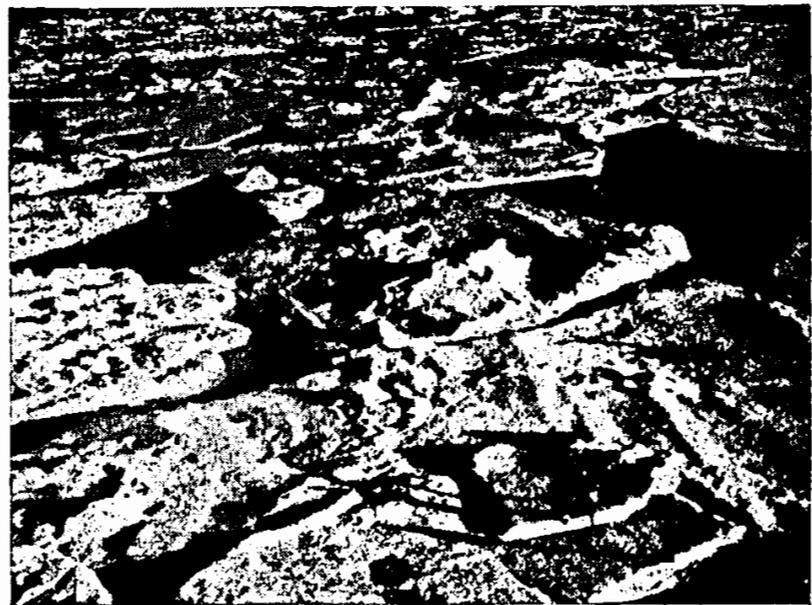


Atomeisbrecher
Lenin

Oben: Packeis. Es bedeckt fast das ganze Nordpolarmeer und zum Teil auch die Meeres-
teile um den Erdteil Ant-
arktika. Die maximale Dicke
der Schollen beträgt 4 m,
häufig werden die Schollen
jedoch 10 bis 15 m hoch
übereinandergetürmt



Mitte: Treibeis. Es driftet
während des Polarsommers
von den Rändern des Pack-
eises in unzähligen Schollen
äquatorwärts



In den polaren Breiten
des Weltmeeres herrscht
das Eis. Auf der Wasser-
oberfläche schwimmen klei-
nere und größere Schollen,
die sich bei Sturm zu-
sammenpressen, überein-
anderschieben und auf-
türmen.

Packeis und Treibeis in der Nähe von Schiffahrtswegen behindern die Schifffahrt. Im Jahre 1932 gelang es erstmals einem sowjetischen Eisbrecher, den Nördlichen Seeweg in *einer* Navigationsperiode (also ohne Überwinterung) zu durchfahren. Der erste Atomeisbrecher der Welt „Lenin“ eröffnet der Entwicklung dieser berühmten „Nordöstlichen Durchfahrt“ ungeahnte Perspektiven.

AUFGABEN: 1. Verfolgen Sie auf den Atlaskarten „Nordpolargebiet“ und „Südpolargebiet“ die eingezeichneten Packeisgrenzen im Nord- und Südpolargebiet! – 2. Messen Sie auf der Atlaskarte „Sowjetunion, Oberflächenformen“ die Länge des Weges, den ein Schiff von Archangelsk zum Kap Deshnew zurücklegt! – 3. Berichten Sie darüber, was Sie in der 8. Klasse über sowjetische Forschungsstationen auf driftenden Eisschollen erfahren haben!

Nicht dem Meere entstammen die *Eisberge*. Vom grönländischen Inlandeis schieben sich Gletscherströme zur Küste vor, ihre Zungen erreichen in Tälern und Fjorden das Meer. Hier brechen Teile der Zunge los (durch Auftrieb im Wasser und durch Meeresbewegungen): Der Gletscher kalbt. Von nur einem einzigen Gletscher zum Beispiel in Westgrönland lösen sich unter gewaltigem Getöse alle 10 bis 14 Tage etwa 500 Millionen m³ Eis ab, wobei bis 30 m hohe Wellen erzeugt werden. Fast 100 m hoch ragen diese unregelmäßig geformten, zackigen Eisberge manchmal aus dem Wasser heraus, und doch ist das nur etwa ein Siebentel ihrer Gesamtmasse, weil der größte Teil unter Wasser verborgen bleibt.

In der Antarktis dagegen schiebt sich das Inlandeis in breiter Front zur Küste vor und bedeckt auch noch – als Schelfeis – teilweise den Schelf (siehe Atlaskarte „Südpolargebiet“). 30 bis 60 m hoch ragen hier manchmal die Eiswände steil aus dem Meere auf.

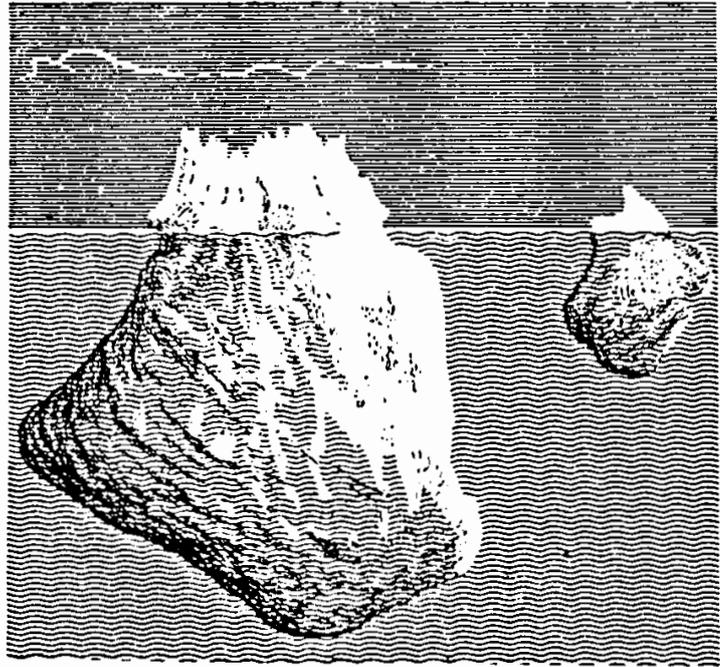


Arktischer Eisberg
(Gipfeleisberg)



Antarktischer Eisberg
(Tafeleisberg)

Arktischer Eisberg
(schematisch)



Beim Kalben entstehen zwar nicht sehr hohe, aber kilometerlange *Tafel Eisberge*. Wenn auch antarktische Eisberge zuweilen bis an die Südspitze Afrikas gelangen, gefährden sie die Schifffahrt jedoch kaum. Anders im Nordatlantik: Mit dem Labradorstrom (siehe Atlaskarte „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“) driften Tausende von Eisbergen südwärts an der Ostküste Nordamerikas entlang bis zur Neufundlandbank, einige noch weiter.

AUFGABEN: 1. Welche große Schifffahrtsroute wird durch arktische Eisberge besonders gefährdet? Inwiefern sind antarktische Eisberge weniger gefährlich für die Schifffahrt? – 2. Erklären Sie den Formenunterschied zwischen arktischen und antarktischen Eisbergen! – 3. Schildern Sie nach literarischen Quellen oder einem Film, wie es zur Titanic-Katastrophe im Jahre 1912 kam!

Ein internationaler Eiswarndienst trägt zur Sicherung der Nordatlantikroute wesentlich bei: Patrouillenschiffe und Flugzeuge mit Radargeräten melden durch Funk den Standort driftender Eisberge. Im Frühsommer (weshalb gerade in dieser Jahreszeit?) biegen hier die Schifffahrtswege aus Sicherheitsgründen weit nach Süden aus.

Der Salzgehalt des Meeres ist abhängig von Verdunstung, Niederschlag und Süßwasserzuflüssen (durchschnittlicher Salzgehalt 35 Promille).

Die Oberflächentemperatur des Ozeans nimmt nach den Polen hin ab. Die Temperaturschwankungen sind gering.

Packeis, Treibeis und Eisberge behindern die Schifffahrt in höheren Breiten.

6. Die Bewegungen des Meerwassers

a) Die Oberflächenströmungen

Gewaltige Wassermassen werden durch Meeresströmungen über große Entfernungen verfrachtet. Strandgut aus amerikanischen Gewässern gelangt mit ihnen an die norwegische Küste, Flaschenpost und Wrackteile werden über Tausende von Seemeilen transportiert. Ausgelöst werden diese Oberflächenströmungen durch regelmäßige, beständig in einer Richtung wehende Winde. Solche Winde sind die Passate der beiden Halbkugeln und die Winde der Westwindzone. Die durch diese Winde hervorgerufenen Driftströme reichen nur bis etwa 150 m in die Tiefe. Sie führen an bestimmten Stellen zu einem Stau von Wassermassen, an anderen zu einem Wasserverlust. Das dabei entstehende Druckgefälle erzeugt Druckgefällsströme, die die eigentlichen Oberflächenströmungen des Weltmeeres ausmachen. Diese Druckgefällsströme sind in der Atlaskarte „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“ verzeichnet. Sie stehen in keinem unmittelbaren Zusammenhang mehr mit der herrschenden Windrichtung.

Die Richtung der Meeresströmungen wird ferner beeinflusst

- a) durch die Rotation der Erde,
- b) durch die Verteilung von Wasser und Land.

Wie gewaltige horizontale Räder drehen sich geschlossene Strömungskreise in allen Ozeanen, einem schon im Jahre 1650 von Bernhard Varenius erkannten Gesetz folgend („Ist ein Teil des Ozeans in Bewegung, so bewegt sich der ganze Ozean“).

Folgender Versuch bestätigt es:

Blasen Sie von der Seite her mitten über das mit Sägemehl bestreute Wasser in einer Schüssel konstant in eine Richtung! Dabei entsteht ein Wasserstau in der Blasrichtung und in ihrem Rücken eine Sogwirkung. Durch Zuströmen beziehungsweise Abströmen von Wasser wird das entstandene Druckgefälle ausgeglichen, und es bilden sich zwei Strömungskreise.

Verfolgen wir nunmehr die Meeresströmungen im Atlantischen Ozean (Atlaskarte „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“): *Nord- und Südäquatorialstrom* führen ihre Wassermassen gegen die amerikanischen Kontinente. Ihr Sog zieht von der westafrikanischen Küste ständig Wasser ab, das durch *Benguelastrom* und *Kanarenstrom* ersetzt wird. Aus dem Wasserstau vor der südamerikanischen Küste fließt ein Teil des Südäquatorialstroms als *Brasilstrom* nach Süden. Der andere Teil wird vom Festland nach Norden abgedrängt, dringt durch die Kleinen Antillen in das Karibische Meer und in den Golf von Mexiko ein und erzeugt hier erneut einen gewaltigen Wasserstau. Durch einen engen Auslaß, die Floridastraße, entweichen in jeder Sekunde etwa 25 Millionen m³ Wasser. Sie vereinen sich mit den Wassermassen des Nordäquatorialstroms zur bedeutsamsten Meeresströmung der Erde, dem *Golfstrom*.

Mit einer Wassertemperatur von 25 °C und einer Geschwindigkeit von etwa 9 km/h beginnt der Golfstrom seinen Lauf. An der Nordspitze Skandinaviens ist seine Geschwindigkeit auf weniger als 1/2 km/h gesunken, seine Temperatur auf 5 °C.

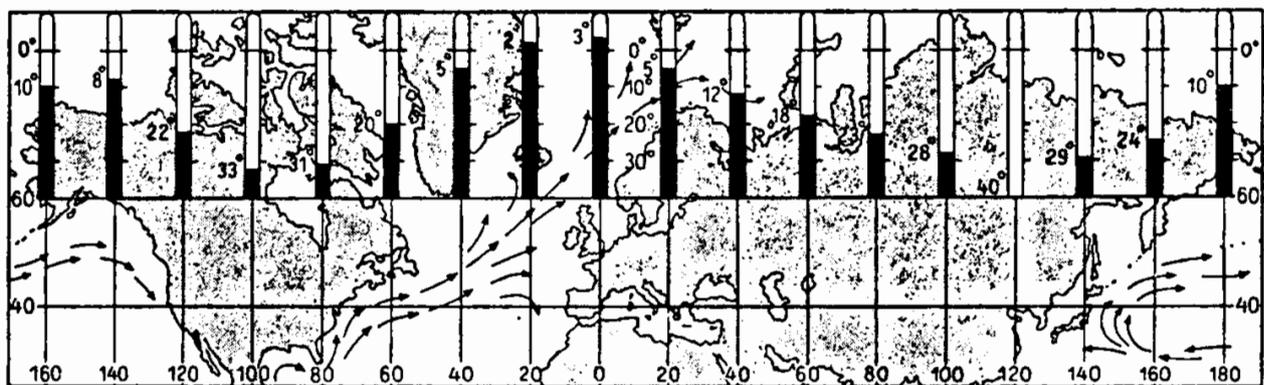
AUFGABEN: 1. Verfolgen Sie den Lauf des Golfstroms auf der Atlaskarte und schildern Sie seinen Verlauf! – 2. Erläutern Sie, aus welchen Strömungen im Nord- und Südatlantik die geschlossenen Stromringe bestehen! Tragen Sie sie in eine Umrißkarte ein! – 3. Begründen Sie, weshalb äquatorwärts gerichtete Strömungen als kalte, polwärts gerichtete als warme bezeichnet werden (siehe Abschnitt „Die Temperatur des Meeres“)! – 4. Verfolgen Sie warme und kalte Meeresströmungen im Stillen und Indischen Ozean!

5.

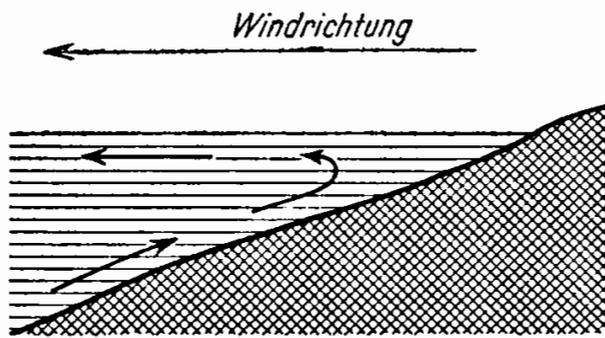
Wo vor Neufundland warmer Golfstrom und kalter Labradorstrom zusammentreffen, ergeben sich bedeutsame Auswirkungen: Hier endet die Drift der arktischen Eisberge. Ihr mitgeführtes sandiges und steiniges Material schüttet beim Abtauen der Eisberge die Neufundlandbank auf. Das Zusammentreffen kalter planktonreicher und warmer Meeresströmungen schafft besonders im Bereich des Schelfes günstigste Lebensbedingungen für Fische. Deshalb liegt hier einer der ergiebigsten Fischgründe der Erde.

Seine größte Bedeutung hat der Golfstrom für das Klima Nordwesteuropas: Wie eine riesige „Warmwasserheizung“ hält er die Häfen an der Nordwestküste Europas, sogar Murmansk auf der Halbinsel Kola, während des Winters eisfrei. Gerste und Kartoffeln können in Europa jenseits des Polarkreises angebaut werden!

AUFGABEN: 1. Begründen Sie den Verlauf der Januarisothermen über dem Nordatlantik! – 2. Erklären Sie, warum schwedisches Eisenerz im Winter nur über Narvik und nicht über den viel weiter südlich gelegenen Ostseehafen Luleå verschifft wird! – 3. Bis 50° N wird die Ostküste Nordamerikas im Winter von Eis blockiert. Verfolgen Sie den 50. Breitenkreis bis zur Küste Europas und vergleichen Sie! – 4. Begründen Sie, warum der Golfstrom im Bereich von Nordskandinavien trotz seiner Temperatur von nur 5°C eine warme Meeresströmung ist! – 5. Warum kommt es im Gebiet, wo Golfstrom und Labradorstrom zusammentreffen, häufig zu Nebelbildung? – 6. Wie ist es zu erklären, daß vor Spitzbergen Touristendampfer kreuzen, ohne durch Eisberge gefährdet zu sein?



Mittlere Januartemperaturen für 60°N . – Welche Gesetzmäßigkeiten spiegeln sich in den dargestellten Temperaturwerten wider? – Erläutern Sie, inwiefern warme und kalte Meeresströmungen (Golfstrom, Labradorstrom) das geographische Milieu beeinflussen!



Die Entstehung von kaltem Auftriebwasser

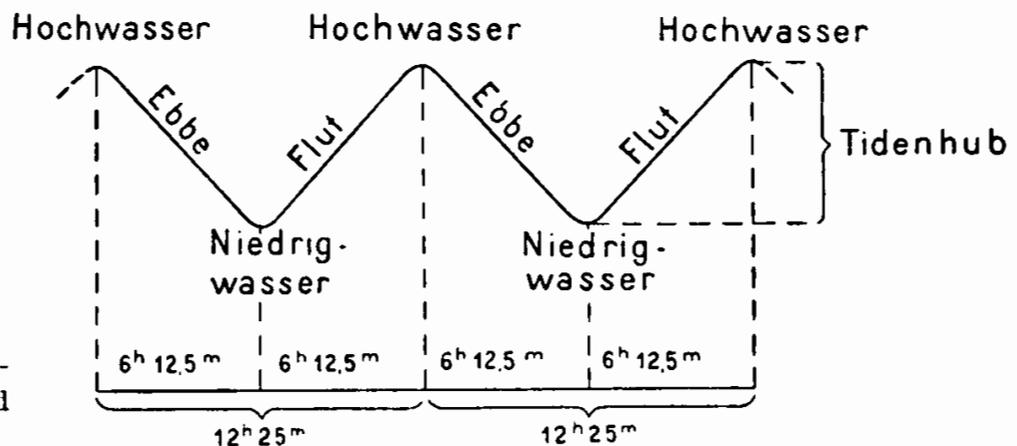
Besonders nachteilig wirken sich kalte Meeresströmungen aus, wenn sie sich mit kaltem Auftriebwasser bei ablandigen Winden verbinden. Das Oberflächenwasser wird von der Küste weggedrängt und durch kaltes aus der Tiefe ersetzt. Über dem kalten Küstenwasser kommt es zur Kondensation der Luftfeuchtigkeit und zu Niederschlägen, während die nahe Küste keinen Tropfen Regen erhält. So ist die Entstehung der *Küstenwüsten* in Südwestafrika und Marokko, Chile und Peru zu erklären.

AUFGABEN: 1. Durch welche Luftzirkulation werden an den genannten Küsten die ablandigen Winde hervorgerufen? – 2. Um welche kalten Meeresströmungen handelt es sich? – 3. Suchen Sie die Küstenwüsten auf der Atlaskarte (Namib, Westsahara, Atacama)!

Die großen Meeresströmungen sind Druckgefällsströme, die auf Driftströme zurückgehen. Ihrem Herkunftsgebiet entsprechend sind polwärts gerichtete Meeresströmungen relativ warm, äquatorwärts fließende relativ kalt.

b) Die Gezeiten (Ebbe und Flut)

An allen ozeanischen Küsten ist die Erscheinung von Ebbe und Flut zu beobachten: In dauerndem Wechsel weicht das Wasser einige Stunden lang von der Küste zurück (Ebbe) und dringt dann wieder allmählich gegen die Küste vor (Flut). Entsprechend pendelt der Wasserstand zwischen seinem tiefsten Niveau (Niedrigwasser) und seinem höchsten (Hochwasser). Der Niveauunterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser ist der *Tidenhub* (Gezeiten – plattdeutsch *Tiden*). Ein Pegel würde folgende Kurve aufzeichnen:



Der tägliche Wechsel von Ebbe und Flut

Sandwatt an
der Nordsee-
küste



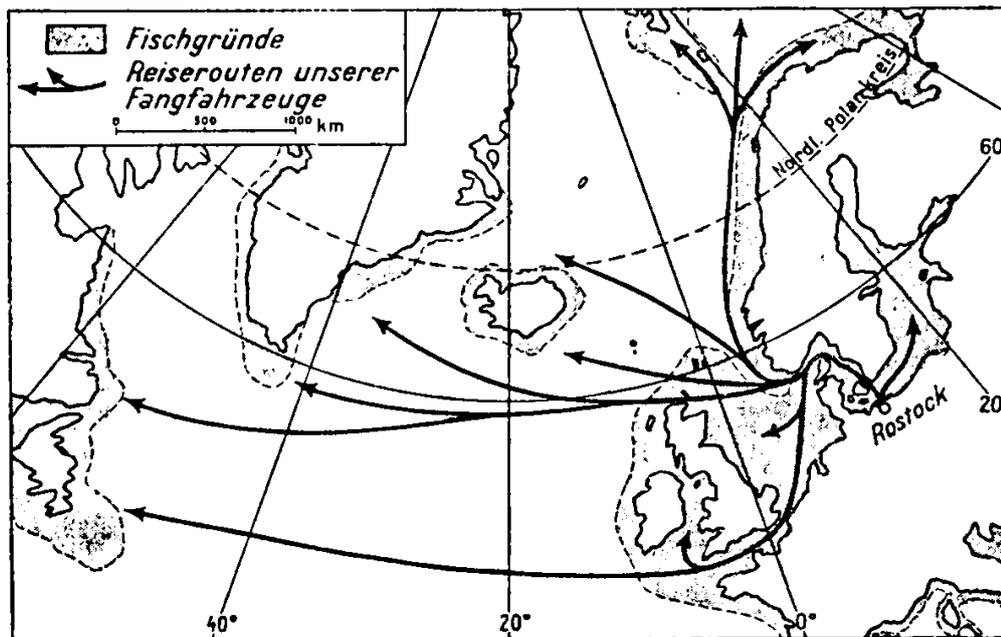
Im Laufe von 24 h 50 min treten zweimal Hoch- und Niedrigwasser auf. Dieser Zeitraum stimmt genau mit der Dauer eines scheinbaren täglichen Mondumlaufs um die Erde überein. Das erklärt sich daraus, daß der Mond mit seiner Anziehungskraft eine wesentliche Ursache für die Entstehung der Gezeiten ist. Besonders hohe Wasserstände treten bei Neu- und Vollmond auf. Steht der Mond im ersten oder letzten Viertel, so kommt es zu besonders niedrigen Wasserständen. Für den unterschiedlichen Tidenhub ist neben der Anziehungskraft des Mondes auch die der Sonne verantwortlich. Wegen ihrer viel größeren Entfernung tritt die gezeitenerzeugende Kraft der Sonne jedoch weit hinter die des Mondes zurück. (Näheres über die Ursachen der Gezeiten erfahren Sie in Klasse II bei der Behandlung der Gravitation.)

Das zeitliche Eintreffen der Flut stimmt meist nicht mit der Mondkulmination überein. Die Gestaltung des Meeresbodens, der Küstenverlauf, enge Meeresstraßen und die Meeresströmungen stören den Gezeitenablauf. Größere Ozeandampfer, die den Flutstrom benutzen, um landeinwärts gelegene Häfen zu erreichen, müssen deshalb die Hafenzzeit (= Zeitdifferenz zwischen Mondkulmination und Hochwasser) des anzulaufenden Hafens kennen.

Der Tidenhub ist auf dem offenen Ozean gering, am größten in manchen schmal zulaufenden Buchten oder größeren Flußmündungen, sehr gering in Binnenmeeren.

Tidenhub	
offener Ozean	1 m
Bristolkanal	12 m
Dover	bis 8 m
Hamburg	bis 2 m
Kiel	0,07 m
Fundybai (westlich von Neuschottland)	bis 20 m

AUFGABE: Erklären Sie unter Zuhilfenahme des Atlases die unterschiedliche Höhe des Tidenhubs!



Die Fischfanggebiete unserer Hochseefischereiflotte. – Bezeichnen Sie die Fanggebiete unserer Hochseefischereiflotte näher!

AUFGABEN: 1. Begründen Sie, warum Häfen mit größerem Tidenhub als Dockhäfen angelegt werden müssen (London)! – 2. Überlegen Sie, wie der Mensch die Gezeiten an der Nordseeküste nutzt, um Neuland zu gewinnen! – 3. Stellen Sie die Ihnen bekannten Möglichkeiten für die Nutzung des Meeres durch den Menschen zusammen!

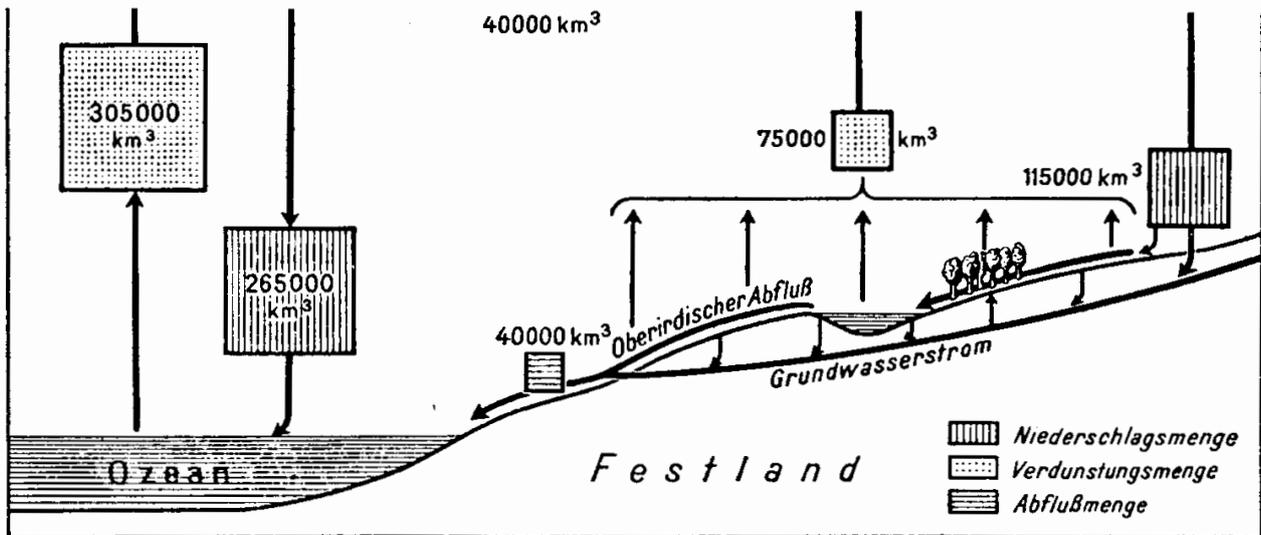
Die Gezeiten werden vor allem durch die Anziehungskräfte von Mond und Sonne hervorgerufen. Innerhalb einer Gezeitenperiode (24 h 50 min) wechseln zweimal Ebbe und zweimal Flut.

II. Das Wasser auf dem Festland

Während das Weltmeer sich über riesige Räume verbreitet, ist das Wasser auf dem Festland an mehr oder weniger große *Wasserläufe* und *Seen* gebunden, die ungleichmäßig über die Kontinente verteilt sind. Hinzu kommt das unter der Erdoberfläche fließende *Grundwasser*.

1. Der Wasserkreislauf

Ein immerwährender Kreislauf verbindet das Weltmeer mit den Gewässern des Festlandes und beweist, wie die verschiedenen Naturprozesse miteinander verknüpft sind, sich gegenseitig bedingen und beeinflussen.



Der Wasserkreislauf und der jährliche Wasserhaushalt der Erde. – 1. Erläutern Sie den großen Kreislauf Meer–Festland–Meer! – 2. Welche kleineren Kreisläufe sind in den großen Kreislauf eingeschaltet? – 3. Wie ist das Verhältnis Niederschlag zu Verdunstung im Gesamthaushalt der Erde a) auf dem Meer? b) auf dem Festland?

Die drei Größen Niederschlag (N), Verdunstung (V) und Abfluß (A) sind entsprechend den klimatischen Bedingungen in den einzelnen Erdräumen unterschiedlich. Ihr Verhältnis zueinander läßt sich in der *Wasserhaushaltsgleichung*

$$N = A + V$$

erfassen. Dabei versteht man unter dem Abfluß die Wassermenge, die teils an der Erdoberfläche, teils unterirdisch abfließt.

Diese Gleichung gilt jedoch nur über längere Zeiträume, da zum Beispiel regenreiche Frühjahre zur Anlage einer Wasserreserve, trockene Sommer aber zu deren Aufzehrung führen können.

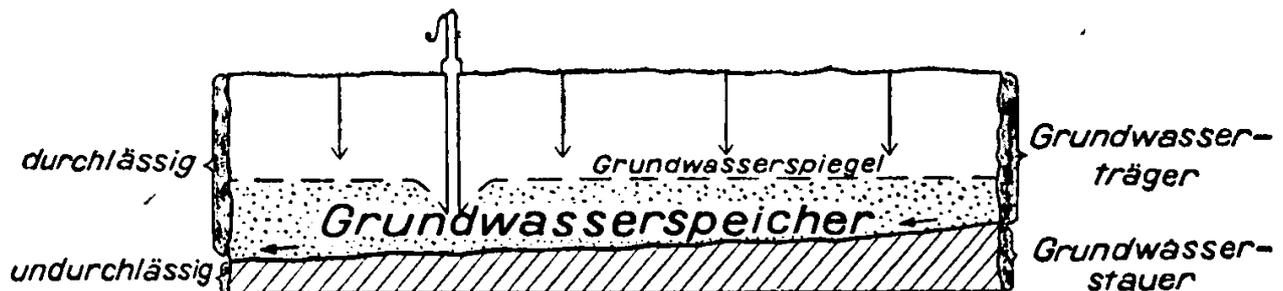
Der Wasserhaushalt einiger großer Flüsse					
Fluß	Gebiet	Fläche in km ²	Niederschlag in mm	Verdunstung in mm	Abfluß in mm
Ob Lena	Salechard	2 425 000	350	188	162
Dnepr	Gesamtgebiet	2 384 000	350	158	192
	Kiew	336 000	548	410	138
Wolga	Jaroslavl	162 000	520	294	226

AUFGABE: Begründen Sie den gegenüber der Abflußmenge hohen Verdunstungswert für das Gebiet des Dnjepr bei Kiew!

2. Das Grundwasser

Von 100 Regentropfen, die im Gebiet unserer Republik fallen, fließen im Durchschnitt 25 oberirdisch ab, 75 verdunsten oder versickern.

- AUFGABEN: 1. Überlegen Sie, wie diese Durchschnittswerte sich ändern durch die Niederschlagsstärke (Landregen, Platzregen), die Oberflächengestaltung (Flachland, Gebirge), die Bodenbeschaffenheit (lockerer Sand, festes Gestein), die Vegetation (bewachsenes, unbewachsenes Gelände), die Temperaturverhältnisse (Sommer, Winter)! –
2. Verfolgen Sie in der folgenden Abbildung den Weg des Sickerwassers!



Der Weg des Sickerwassers. – Beachten Sie den sogenannten Absenkungstrichter im Grundwasserspiegel rings um das Brunnenrohr!

Gute *Grundwasserträger* sind: Sand, Kies, Kalk.

Grundwasserstauer sind: Lehm, Ton, wenig zerklüftetes kristallines Gestein.

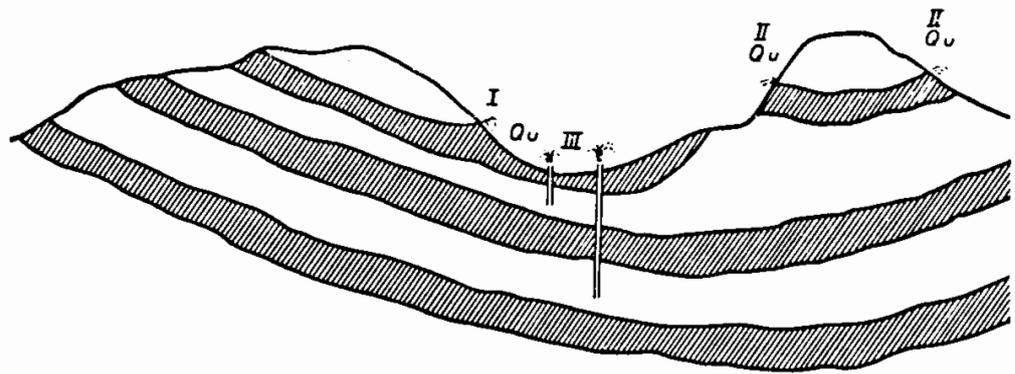
Der *Grundwasserspiegel* schwankt je nach der Jahreszeit, der Niederschlagsmenge und der Entnahme von Wasser durch Brunnen.

Der *Grundwasserstrom* folgt flächenhaft der Schichtenneigung. Seine Fließgeschwindigkeit ist sehr gering.

Wo ein *Grundwasserhorizont* zutage tritt, entstehen *Quellen* (siehe Abbildung auf Seite 77 oben).

Niederschläge, Wasserläufe und Seen ergänzen den Grundwasservorrat, während in Trockenperioden Grundwasser häufig in die Flußläufe übertritt und deren Wasserführung erhöht. Im großen ganzen findet ein dauernder Austausch zwischen Oberflächen- und Grundwasser statt.

- AUFGABEN: 1. Versuchen Sie, die Entstehung von Quellen in Ihrem Heimatkreis zu erklären! – 2. Berichten Sie über die Bedeutung der artesischen Brunnen für den Erdteil Australien! Wie werden sie von der australischen Landwirtschaft genutzt? – 3. Durchsetzen Sie einen Sandhaufen mit einer Lehm- oder Tonschicht und lassen Sie von oben Wasser einsickern! Beobachten Sie den Austritt des Wassers! Bilden Sie in dieser Weise verschiedene Quellarten und auch artesischen Brunnen nach!



 wasserundurchlässige Schichten

Die Entstehung verschiedener Quellenarten. – Erklären Sie aus dem Wechsel durchlässiger und undurchlässiger Schichten sowie der Schichtenneigung

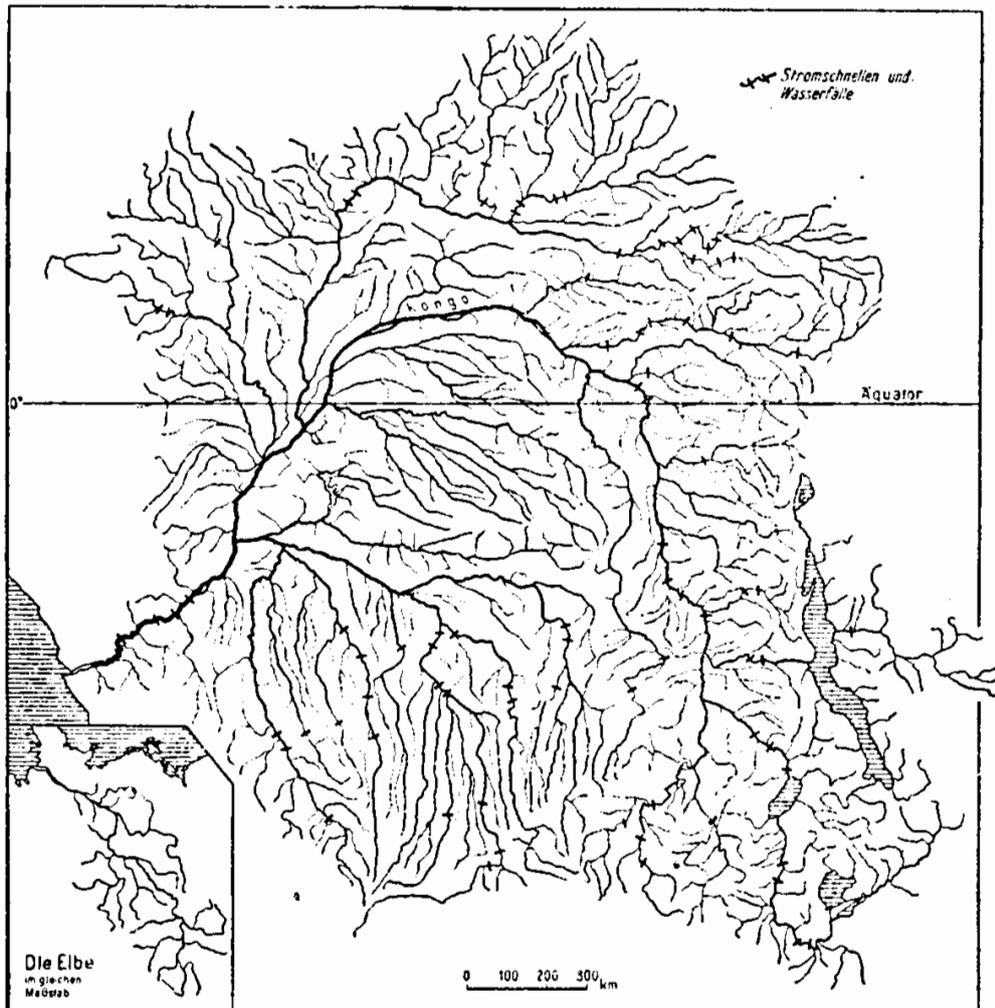
1. wieviel *Grundwasserstockwerke* übereinanderliegen,
2. das Entstehen einer *Schichtquelle* bei I, der *Überfallquelle* bei II,
3. die Ausbildung *artesischer Brunnen* bei III!

3. Der oberirdische Abfluß

Der Teil des Niederschlags, der nicht verdunstet, versickert oder als Schnee und Eis zunächst gespeichert wird, fließt, dem Gefälle folgend und mit dem Quellwasser vereint, in Bächen, Flüssen und Strömen ab. Das Gebiet, aus dem einem Stromsystem oberirdisch oder zum Teil auch unterirdisch Wasser zufließt, ist sein *Einzugsgebiet* (oder *Stromgebiet*). Die Einzugsgebiete werden durch die *Wasserscheide* voneinander getrennt. Ihr Verlauf ist im Gebirge deutlicher zu bestimmen als im Flachland, wo sich nur eine ungefähre Grenzlinie ziehen läßt. Der Unterteilung in Haupt- und Nebenflüsse entspricht die Unterscheidung von Haupt- und Nebenwasserscheiden.

Die längsten Ströme der Erdteile und ihre Einzugsgebiete		
	Länge in km	Einzugsgebiet in 1000 km ²
Nil-Kagera	6700	2800
Amazonas	6500	7000
Mississippi-Missouri	6100	3300
Jangtsekiang	5600	1200
Wolga	3700	1400
Zum Vergleich: Elbe	1165	145

Das Stromgebiet des Kongo



AUFGABEN: 1. Erkunden Sie die Wasserscheide zwischen zwei Flußläufen Ihrer Heimat! – 2. Bestimmen Sie auf der Atlaskarte „Westdeutschland, südlicher Teil“ die Wasserscheide zwischen Donau und Rhein! – 3. Erläutern Sie an Hand der Atlaskarten „Amerika, Oberflächenformen“ und „Südamerika“ die Lage der kontinentalen Hauptwasserscheide in Südamerika! – 4. Welche Wasserscheide trennt das Westsibirische Tiefland vom Mittelsibirischen Bergland (benutzen Sie zur Beantwortung der Frage die Atlaskarte „Sowjetunion, Oberflächenformen“)?

Die Wasserführung der Flüsse hängt vom Klima ab, vor allem von den Niederschlägen und ihrer Verteilung über das Jahr.

AUFGABE: Begründen Sie hieraus folgende Tatsachen:

1. Im immerfeuchten Klima erreichen fast alle Flüsse das Meer.
2. In unseren Breiten sinkt im allgemeinen der Wasserstand in den Sommermonaten; er ist am höchsten im Frühjahr.
3. In Trockenklimaten enden Flußläufe häufig in Endseen.

Nur sehr wasserreiche Ströme vermögen Wüsten zu durchfließen und zum Meer durchzubrechen, ohne durch Verdunstung oder Versickerung aufgezehrt zu werden. Derartige *Fremdlingsflüsse* sind zum Beispiel der Nil und der Colorado (zum Golf von Kalifornien).

AUFGABEN: 1. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Niederschlag und Verdunstung einerseits, Grundwasserspiegel und Wasserführung der Flüsse andererseits? – 2. Suchen Sie im Atlas Endseen, und begründen Sie, weshalb Endseen meist auch Salzseen sind! – 3. Welche Möglichkeiten hat der Mensch, in den oberirdischen Abfluß regulierend einzugreifen?

4. Die Wasserwirtschaft

Während der Wasservorrat der Ozeane unerschöpflich scheint, muß der wirtschaftende Mensch in vielen Industrieländern mit dem Wasser des Festlandes haushalten. Denn fast überall werden von Jahr zu Jahr größere Mengen an *Trinkwasser* und *Brauchwasser* benötigt.

Durchschnittlicher Wasserverbrauch	
je Großstädter und Tag (Demokratisches Berlin)	0,2 m ³
je Tonne Dederonfaser	907 m ³
je Tonne Papier	133 m ³
je Tonne Rohzucker	55 m ³
je Tonne Schwefelsäure	50 m ³

Große Industriewerke verbrauchen täglich 100000 m³ Wasser, häufig noch mehr. Der VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ verbraucht trotz des Einsatzes von Rückkühlwerken stündlich 38000 m³ Wasser

AUFGABE: Erkunden Sie den monatlichen Wasserverbrauch Ihrer Schule, Ihres Betriebes, Ihres Schulorts!

Auch der Wasserverbrauch der Pflanzen ist groß: An einem heißen Sommertag verdunstet eine Birke etwa 60 bis 100 l, ein Hektar Buchenhochwald hat eine jährliche Verdunstungsmenge von etwa 36000 hl Wasser.

Aufgabe der Wasserwirtschaft ist es, die vorhandenen Wasservorräte sorgsam zu verwalten, größere Wasservorräte im Untergrund zu erschließen oder in bestimmte Teile des Wasserkreislaufs regulierend einzugreifen, zum Beispiel in Abfluß, Versickerung und Bodenspeicherung.

Das *Amt für Wasserwirtschaft* in der Deutschen Demokratischen Republik steht in den folgenden Jahren vor besonders wichtigen Aufgaben, wird doch der Wasserbedarf bis zum Jahre 1985 auf jährlich 15 Md. m³ ansteigen. Diese Menge entspricht

genau dem als Oberflächen- und Grundwasser zur Verfügung stehenden Wasserangebot. Deshalb sind vorrangig folgende Aufgaben zu lösen:

1. Der oberirdische Abfluß muß durch Rückhalten und Speichern des Abflußwassers verlangsamt werden. Ehe das Wasser ins Meer fließt, soll es vielseitig genutzt werden.
2. Der Grundwasserspiegel ist auf einem günstigen Stand zu halten, um vor allem Schädigungen der Landwirtschaft zu vermeiden und die Trinkwasserversorgung zu sichern.
3. Wassermangelgebiete sind durch Zuführen von Wasser aus Wasserüberschußgebieten zu versorgen.
4. Verschmutzungen des Oberflächenwassers und des Grundwassers durch Industrieabwässer müssen weitgehend verhindert werden.
5. In großen Industriewerken muß das Brauchwasser nach entsprechender Reinigung mehrmals genutzt werden.

Unsere sozialistischen Produktionsverhältnisse gestatten es, die Lösung dieser Aufgaben komplex zu planen und in Angriff zu nehmen.

Wasserspeicherung. Unsere Volkswirtschaftspläne sehen vor, auf dem Territorium der Deutschen Demokratischen Republik bis zum Jahre 1985 etwa 2,2 Md. m³ Wasser in Talsperren zu speichern. Tausende sogenannter Kleinspeicher und Rückhaltebecken sind außerdem in allen Teilen unserer Republik geplant, im Bau oder vollendet. Damit wird der Stauraum gegenüber dem jetzigen Stand mehr als dreifacht.

Große Talsperren unserer Republik				
	Höhe der Staumauer	Oberfläche des Stausees	Staubeckeninhalt	Zweck
Bleiloch	76 m	9,2 km ²	215 Mill. m ³	Zuschußwasser für die Schifffahrt Energieerzeugung Wasserstandsregulierung
Hohenwarte	75 m	7,3 km ²	182 Mill. m ³	
Rappbode	106 m	3,9 km ²	109 Mill. m ³	Trinkwasserversorgung Hochwasserschutz Energieerzeugung
Sosa	58 m	0,4 km ²	6 Mill. m ³	Trinkwasserversorgung
Cranzahl	36 m (Schüttdamm)	—	2,5 Mill. m ³	Hochwasserschutz

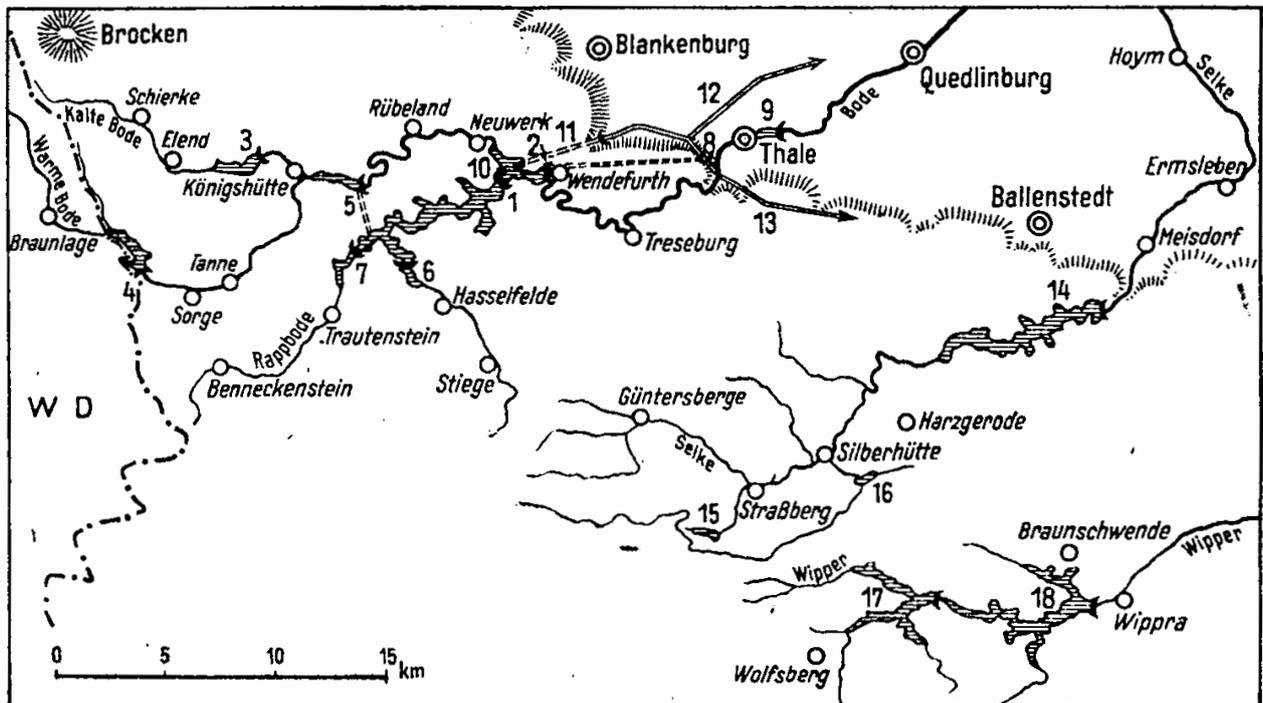
Sperren und Speicher sollen

- a) für Industrie, Landwirtschaft und Siedlungen Brauch- und Trinkwasser bereitstellen;
- b) in Zeiten großer Niederschläge und der Schneeschmelze das Hochwasser aufzufangen, in Trockenperioden durch Abgabe von Wasser den Wasserstand der Flußläufe erhöhen;
- c) Wasserkraftwerken Wasser zum Antrieb der Turbinen zuleiten.

AUFGABEN: 1. Suchen Sie die in der Tabelle aufgeführten Sperren auf der Atlaskarte! – 2. Welche großen Stauanlagen der Sowjetunion kennen Sie? – 3. Berichten Sie über vollendete oder im Bau befindliche Wasserspeicher in der Nähe Ihres Schulorts!

Besondere Schwierigkeiten auf wasserwirtschaftlichem Gebiet sind im Raum der Bezirke Halle, Leipzig, Magdeburg zu überwinden.

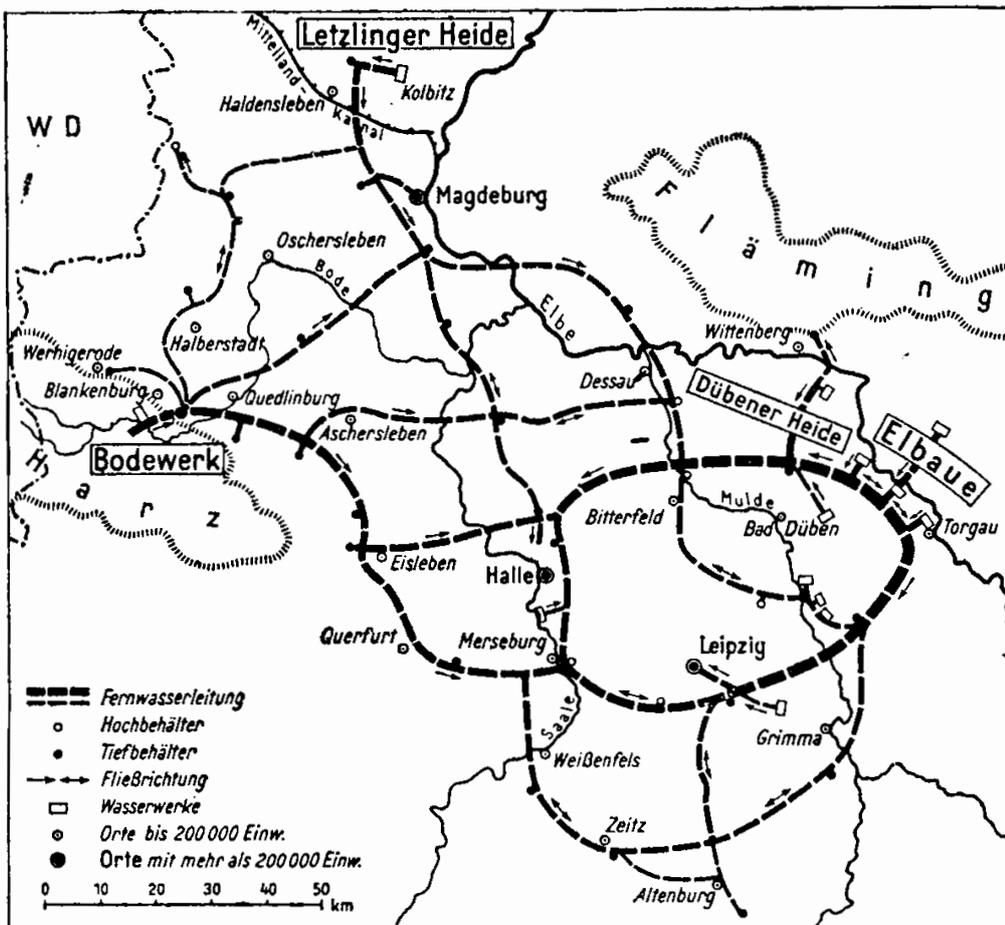
Ein ganzes System von Talsperren wird große Wassermengen bereitstellen:



Das System der Osthartzalsperren nach vollständigem Ausbau. – 1 Rappbodesperre mit Kraftwerk – 2 Wendefurthener Sperre mit Druckstollen nach Thale – 3 Hochwasserschutzbecken „Kalte Bode“ – 4 Hochwasserschutzbecken „Warme Bode“ – 5 Überleitungsbecken mit Überleitungsstollen von der Bode zur Rappbode – 6 Vorbecken Hassel – 7 Vorbecken Rappbode – 8 Kraftwerk Thale – 9 Ausgleichsweiher Thale – 10 Reinigungsanlage für Trinkwasser – 11 Trinkwasserstollen – 12 Trinkwasserleitung nach Magdeburg – 13 Trinkwasserleitung nach Halle-Leipzig – 14 Selkesperre – 15 Sägemüllerteich – 16 Teufelsteich – 17 Wippervorsperre – 18 Wipperhauptsperre

AUFGABEN: 1. Betrachten Sie auf der Atlaskarte „Deutsche Demokratische Republik, Bergbau und Industrie“ den Raum der Bezirke Halle, Leipzig, Magdeburg! Welche Industrien mit großem Wasserverbrauch sind eingezeichnet? – 2. Begründen Sie aus den Niederschlagsverhältnissen dieses Gebietes den auftretenden Wassermangel!

Da das in diesen Talsperren gewonnene Wasser noch nicht zur Versorgung der Bezirke Magdeburg, Halle und Leipzig ausreicht, muß noch zusätzlich Grundwasser gefördert werden. (Im allgemeinen bleibt Grundwasser der Trinkwasserversorgung vorbehalten.) Schon heute werden bedeutende Wassermengen in der Elbaue bei Torgau gewonnen. In ihrem Untergrund liegen in den Kiesen und Sanden eines Urstromtals ergiebige Grundwasserhorizonte. Außerdem ist vorgesehen, die Grundwasservorräte der Letzlinger Heide zu nutzen. Um eine Überbeanspruchung des Grundwassers der Letzlinger Heide zu verhindern, ist geplant, diesen Vorrat noch künstlich zu vergrößern: Aus dem Niederungsmoorgebiet des Drömling wird Wasser über den Mittellandkanal und die Ohre herangeführt, das man inmitten der Letzlinger Heide versickern läßt. Ein riesiges Verbundnetz wird das Speicherwasser der Sperren und die geförderten Grundwassermengen durch Fernwasserleitungen, die Hunderte

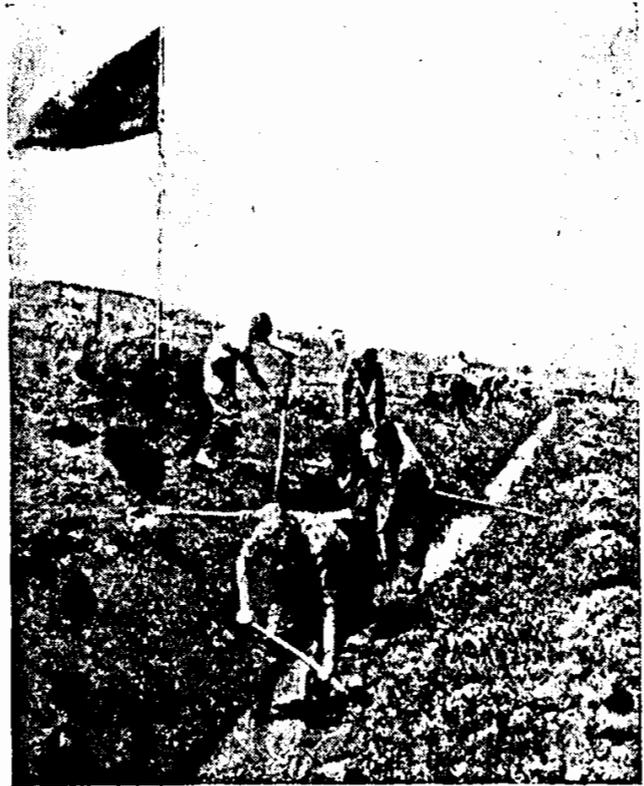


Das Verbundsystem der Fernwasserversorgung nach endgültiger Fertigstellung

FDJler des Kreises Bad Salzungen
beim Räumen von Drainagegräben

von Kilometern lang sind, an die Bedarfsstellen heranzuführen. Wichtige Teile dieser großen Ringwasserleitung sind bereits vollendet.

Grundwasserhaltung. Aus der Bedeutung des Grundwassers für die Landwirtschaft und die Trinkwasserversorgung ergibt sich, daß es besonders sorgfältig bewirtschaftet werden muß. Deshalb ist vorgesehen, daß unsere Industrierwerke ihren Brauchwasserbedarf mehr als bisher aus Oberflächenwasser decken, das zu diesem Zweck gereinigt werden



muß. Zu starke Entnahme von Grundwasser führt zu Schäden: In der Berliner Innenstadt hat sich seit dem Jahre 1900 der Grundwasserspiegel bis zu 2 m gesenkt. Gebäudesenkungen und Rißbildungen sind die Folge, weil die nun trocken liegenden hölzernen Begründungspfähle vermodern.

In großen Industriezentren treten Grundwasserabsenkungen von mehreren Metern auf, vor allem bei den großen Gruben unserer Braunkohlentagebaue. In der Lausitz müssen zum Beispiel je Tonne geförderter Rohbraunkohle bis zu 16 m³ Grundwasser ausgepumpt werden. Dadurch bildet sich rings um den Tagebau ein Absenkungstrichter mit einem Durchmesser von mehreren Kilometern. Brunnen versiegen und Bäume verdorren in seinem Bereich. Ausgekohlte Baue werden mit Abraum zugeschüttet, Mutterboden wird aufgetragen und Anpflanzungen werden vorgenommen. Erst wenn nicht mehr abgepumpt wird, stellt sich allmählich der normale Grundwasserstand wieder ein.

AUFGABEN: 1. Erkunden Sie, in welcher Weise die Trink- und Brauchwasserversorgung Ihres Heimatortes gesichert wird! – 2. Welchen Einfluß hat der Wald auf den Grundwasserstand? Welche Folgerungen ergeben sich hieraus für die Forstwirtschaft? – 3. Beobachten Sie Drainagemaßnahmen beim Unterrichtstag in der Produktion! Fertigen Sie eine Skizze des Drainagesystems an! – 4. Welche Niederungsgebiete des Norddeutschen Tieflandes mit zu hohem Grundwasserstand kennen Sie? Gehen Sie besonders ein auf die Gebiete, die zu Jugendprojekten erklärt worden sind!



Oben: Wie hier im Main, verenden in vielen durch Industrieabwässer verseuchten Flüssen sämtliche Fische.

Unten: Schaumdecken, wie sie dieses Bild auf der Pleiße zeigt, sind ein untrügliches Zeichen für starke Verunreinigung der Gewässer durch Industrieabwässer



Bei zu hohem Grundwasserstand auf Äckern oder Wiesen wird durch Dränung (Dränage) das überschüssige Wasser abgeleitet. In offenen Gräben oder durch Tonröhren im Boden wird das Wasser gesammelt und über Sammelstränge dem Hauptsammler zugeleitet, der in den *Vorfluter* (Bach, Fluß) mündet.

Das Abwässerproblem. Je mehr Wasser verbraucht wird, um so größere Mengen Abwässer fallen an. Durch zufließende Abwässer sind in vielen großen Industriebezirken Flüsse, Seen und Teiche zum großen Teil so verseucht, daß sie für die Erholung ungeeignet sind und für die Gewinnung von Brauchwasser ausfallen. Die Fische gehen zugrunde. Die Oberfläche solcher Gewässer ist häufig mit einer Öl- oder mehrere Zentimeter dicken Schaumschicht bedeckt. Gefährlich ist es, wenn Abwässer sich mit dem Grundwasser vermischen.

Achtung!

Durch verunreinigtes Wasser können Typhus, Ruhr und Cholera verbreitet werden!

Deshalb bemühen sich alle großen Industriestaaten, die Abwässer in *Kläranlagen* so gründlich zu reinigen, daß sie ohne Gefahr abgeleitet oder vor dem Abfluß sogar mehrmals genutzt werden können.

Für häusliche Abwässer und weitgehend vorgereinigte Industrieabwässer werden seit langer Zeit biologische Reinigungsverfahren angewendet. Großstädte, wie Berlin und Leipzig, pumpen die vorgeklärten Abwässer auf Rieselfelder, die intensiv landwirtschaftlich genutzt werden.

Die größten Abwässermengen treten in der Braunkohle veredelnden Industrie (Schwelereien, Kokereien, Hydrieranlagen) auf. Nach Vollendung des Kombinats Schwarze Pumpe werden jährlich 5 bis 6 Millionen m³ Schwel- und Hydrierwässer anfallen. Sie enthalten etwa 70000 t Phenole und 33000 t Fettsäure, hauptsächlich Essigsäure. Durch komplizierte chemische Umsetzungen kann man daraus unter anderem Kunststoffe und Futterhefe gewinnen (30000 t Fettsäure ergeben etwa 10000 t Futterhefe).

Beim Ausfaulen des Schlammes in den Klär- und Reinigungsanlagen bildet sich Faulgas, das zum größten Teil aus Methan besteht. Es wird als Heizgas, Leuchtgas oder Treibstoff verwendet.

AUFGABE: Versuchen Sie nach Möglichkeit, eine Kläranlage oder ein Wasserwerk in Ihrer Nähe zu besichtigen! Wohin werden die Abwässer Ihres Schulortes geleitet? Liegen Verschmutzungen des Oberflächenwassers in Ihrer Umgebung vor? Welche Maßnahmen zur Abhilfe sind eingeleitet worden?

Infolge des Bedarfs an Trink- und Brauchwasser sind die Gewässer des Festlandes von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Da die Vorräte in vielen Teilen der Erde wegen des ständig steigenden Bedarfs nicht mehr ausreichen, muß die Wasserwirtschaft regulierend in den natürlichen Wasserkreislauf eingreifen. Außerdem muß sie für eine mehrmalige Nutzung des Brauchwassers und für die Lösung des Abwasserproblems sorgen.

D. Die Erdkruste und ihre Veränderungen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Lufthülle (Atmosphäre) und die Wasserhülle (Hydrosphäre) der Erde nicht allein als zwei notwendige Voraussetzungen für alles menschliche Leben, sondern auch als zwei wesentliche Bestandteile des geographischen Milieus mit den in ihnen wirkenden Gesetzmäßigkeiten dargestellt. Eine weitere Sphäre ist die Gesteinshülle der Erde (Lithosphäre). Sie gewinnt ihre Bedeutung dadurch, daß die Menschen ihr eine Vielzahl von Stoffen entnehmen – zum Teil auf dem Umweg über die Pflanzen –, die sie für ihre Existenz brauchen, besonders für die Produktion der materiellen Güter.

Die sozialistischen Staaten, die im Wettstreit mit dem kapitalistischen Welt-system danach streben, den gesellschaftlichen Reichtum durch die wachsende Produktion von Gütern aller Art von Jahr zu Jahr zu steigern, müssen die Gesteinshülle besonders gründlich durchforschen. In diesem Zusammenhang interessiert vor allem der Bau dieser Hülle und die Lagerung nutzbarer Mineralien. Dazu gehört wiederum das Wissen um jene Kräfte, die die Gesteinshülle in ihrer heutigen Gestalt geformt haben und sie fortlaufend verändern.

I. Der Erdkörper

1. Methoden zur Erforschung

Bis in riesige Weiten des Weltalls vermag der Mensch mit den modernen Fernrohren zu schauen, und auch die Geheimnisse der Tiefsee werden bald weitgehend entschleiert sein. Der Mensch ist sogar imstande, künstliche Planeten, bemannte Raumschiffe und interplanetarische Stationen in den Weltraum zu schicken. Nur der Blick tief in das Innere des Erdkörpers ist ihm bisher verwehrt.

Stellen wir die rund 10 Kilometer des tiefsten Bohrlochs den 6370 Kilometern des Erdradius gegenüber, so bedeutet das nicht viel mehr, als wenn wir mit einer Stecknadelspitze in den Globus stechen. Einblick in tiefere Bereiche der Erdkruste gewinnt die Wissenschaft durch die Erforschung vulkanischer Erscheinungen, indem sie das bei Ausbrüchen geförderte Material untersucht, das ja aus größerer Tiefe stammt. Im wesentlichen fußen alle bisher gewonnenen Erkenntnisse über

die Beschaffenheit des Erdinneren jedoch auf Schlüssen, die sich aus dem gestörten Verlauf von Erdbebenwellen ziehen lassen. Diese Erschütterungswellen werden nämlich auf ihrem Wege durch den Erdkörper abgelenkt, es ändert sich ihre Geschwindigkeit, oder sie werden sogar ausgelöscht.

Die Wissenschaftler nutzen diese Tatsache auch zur Erkundung von Lagerstätten aus, indem sie durch Sprengladungen in Bohrlöchern künstliche Beben erzeugen und den Verlauf der Erschütterungswellen beobachten. Neben dieser heute noch sehr verbreiteten Methode zur Lagerstätten erkundung wurden in den letzten Jahren vor allem in der Sowjetunion mehrere neue Verfahren entwickelt. Hierzu gehören die geochemischen Methoden sowie Verfahren, die sich des Raketenprinzips, der Verwendung kosmischer Strahlen und Schmelzbohrer bedienen.

Da die Gesteinshülle der Erde dem Menschen nur bis in sehr geringe Tiefen zugänglich ist, werden die Zusammensetzung und der Zustand ihrer tieferen Bereiche durch indirekte Beobachtung erschlossen.

2. Temperatur- und Dichteverhältnisse im Erdkörper

a) Die Arbeit der Bergleute wird dadurch erschwert, daß mit wachsender Tiefe die Temperaturen zunehmen, in Europa im Durchschnitt um $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ je 33 m (oder $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). Dieser Wert, der als *geothermische Tiefenstufe* bezeichnet wird, unterliegt starken Schwankungen. Je nach der Beschaffenheit des Gesteins, dem Vorhandensein von Wasser und der Nähe vulkanischer Gebiete ist er größer oder kleiner.

Geothermische Tiefenstufe in m	
Bergwerk Osek ČSSR (nördlich Most)	5,2
Rheinisch-Westfälisches Steinkohlengebiet	25 bis 28
Bohrloch von Sperenberg bei Berlin	33,7
Kupfererzgruben im Kanadischen Seengebiet	125

Die geothermische Tiefenstufe gilt jedoch nur für die obersten Kilometer der Erdkruste. Eine gleichmäßige Zunahme der Temperaturen bis zum Erdmittelpunkt ist ausgeschlossen. Im Erdzentrum herrschen nach Ansicht der meisten Forscher Temperaturen zwischen $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $5000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b) Wissenschaftlich nachgewiesen ist eine mit der Tiefe zunehmende Dichte des Materials, aus dem der Erdkörper aufgebaut ist. Während die Gesteine an der Erdoberfläche eine durchschnittliche Dichte von $2,8\text{ g/cm}^3$ haben, beträgt die Dichte der Gesamterde etwa $5,5\text{ g/cm}^3$. Folglich müssen im Erdinneren Stoffe vorhanden sein, deren Dichte beträchtlich über diesem Mittelwert liegt, im Erdkern vermutlich zwischen 9 und 11 g/cm^3 .

Temperatur und Dichte nehmen von der Erdoberfläche zum Erdinneren zu.

3. Der Schalenbau des Erdkörpers

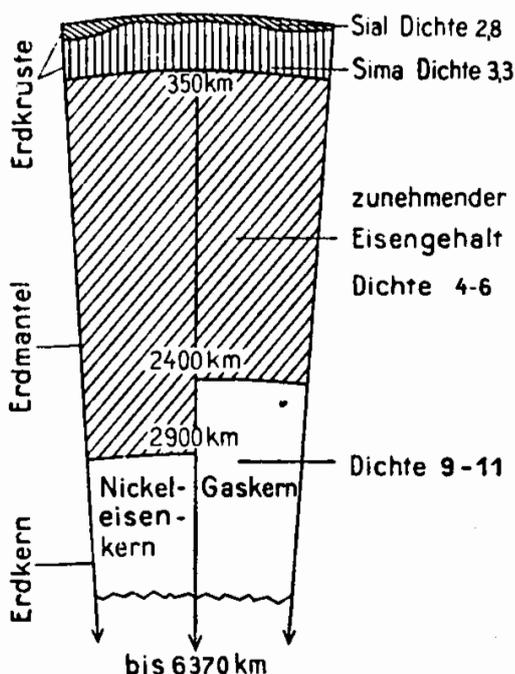
Die mit der Tiefe zunehmenden Temperatur- und Dichteverhältnisse sowie die Beobachtung der Fortpflanzung von Erdbebenwellen führten zu der Erkenntnis, daß der Erdkörper nicht aus gleichförmig ausgebildetem (homogenem) Material aufgebaut ist, sondern daß sich stoffliche Zusammensetzung und physikalischer Zustand in bestimmten Tiefen sprunghaft ändern. Demzufolge würden sich um den *Erdkern* mehrere Gesteinsschalen von verschiedener Beschaffenheit legen, die den *Erdmantel* bilden. Der äußere Teil des Mantels ist die eigentliche *Erdkruste*.

Über die Beschaffenheit des Erdkerns bestehen im wesentlichen zwei Meinungen: Die ältere Hypothese besagt, daß von 2900 km Tiefe an ein fester *Nickeleisenkern* vorhanden sei, der stofflich der hohen Dichte von 9 bis 11 g/cm³ entspricht. Neuere geophysikalische Auffassungen setzen an seine Stelle ab 2400 km Tiefe einen *Gaskern* aus wasserstoffreicher Sonnenmaterie, dessen hohe Dichte sich aus dem unvorstellbar großen Druck ergibt.

Sicherer sind die Forschungsergebnisse, die die Erdkruste betreffen. Wie im Gesamtaufbau der Erde die Stoffe nach der Dichte angeordnet sind, so unterscheiden wir auch innerhalb der Kruste zwei Schalen mit unterschiedlicher Schwere:

Die äußere besteht vorwiegend aus Mineralverbindungen der Elemente *Silizium* und *Aluminium*. Sie trägt deshalb den Namen *Sial* (Dichte der Gesteine im Durchschnitt 2,8 g/cm³; meist helle, kieselsäurereiche Gesteine).

Die darunterliegende Schale weist Gesteine auf, deren Mineralien vorwiegend *Silizium* und *Magnesium* enthalten. Man nennt sie deshalb *Sima* (Dichte der Gesteine im Durchschnitt 3,3 g/cm³; meist dunkle, weniger kieselsäurereiche Gesteine).



Während die Sialschale die Kontinente aufbaut und dort bis in eine Tiefe von 10 bis 50 km reicht, ist sie unter den Ozeanen sehr viel dünner. Unter dem Stillen Ozean scheint sie ganz zu fehlen.

In etwa 70 bis 100 km Tiefe sind die Temperaturen bereits so hoch (1000 bis 1300 °C), daß dort an Stelle festen Gesteins ein sehr heißer Gesteinsbrei, das gasreiche *Magma* (gr. *magma* Brei) vorhanden ist. Weil das Magma eintretende Druckveränderungen durch langsames Ab- oder Zufließen ausgleichen kann, spricht man von einer *Fließzone*. Sie ermöglicht Bewegungen der Kruste, das Aufsteigen und das Absinken von Krustenteilen.

Die beiden wichtigsten Auffassungen vom Schalenbau der Erde

Um den Erdkern legt sich der in mehrere Schalen gegliederte Erdmantel mit der Erdkruste. Das Vorhandensein der Fließzone erklärt sich aus den Schmelztemperaturen in den tieferen Teilen der Erdkruste.

II. Der Vulkanismus

Vulkanausbrüche oder Eruptionen (lat. *eruptio* Ausbruch) beweisen eindeutig das Vorhandensein glutflüssigen Gesteinsbreis (Magmas) in tieferen Zonen der Erdkruste. Ein Zusammenhang mit der Fließzone besteht wahrscheinlich nicht. Es wird vielmehr angenommen, daß sich oberhalb der Fließzone, wenige Kilometer unterhalb der Erdoberfläche, einzelne Magmaherde befinden, aus denen das Magma aufsteigt. Erreicht das Magma aus diesen Herden die Erdoberfläche und fließt als schmelzflüssige Masse aus, dann bezeichnet man es als *Lava*.

1. Vulkanausbrüche

Vulkanausbrüche bieten dem Beobachter, der in sicherer Entfernung dem Ereignis beiwohnen kann, ein grandioses Bild. Während ein unterirdisches Rollen und Donnern manchmal tagelang vorher die Eruption ankündigt, werden plötzlich mit ungeheurer Kraft Dampf-, Gas- und Aschewolken ausgestoßen, die den Himmel verdunkeln. Immer mehr verstärkt sich die Gewalt der Eruption, das Getöse schwillt zu ohrenbetäubendem Krachen an, die Erde bebt, als wolle sie bersten. Felsblöcke, kopf- und faustgroße Gesteinsbrocken werden ausgeworfen und in weitem Umkreis um die Ausbruchsstelle verstreut. Die Eruption hat ihren Höhepunkt erreicht. Plötzlich quillt glutflüssige Lava aus dem Vulkan heraus, ein Feuerstrom, der alles vernichtet, was nicht schon vorher unter Asche begraben wurde oder dem Gesteins Hagel der Auswürflinge zum Opfer fiel.

Kein Wunder, daß die Menschen in früherer Zeit, denen wissenschaftliches Denken noch fremd war, in Vulkanausbrüchen das Wirken von Göttern und Dämonen sahen (lat. *Vulcanus* römischer Gott des Feuers).

Die Vorgänge, die sich bei Eruptionen abspielen, ergeben sich aus der stofflichen und physikalischen Beschaffenheit des Magmas. Dringt es in höher gelegene Bereiche der Kruste ein, so findet eine Druckentlastung bei gleichzeitiger Abkühlung statt. Die im Magma enthaltenen Gase werden explosionsartig frei und brechen zur Erdoberfläche durch, indem sie einen *Schlot* schaffen. Dabei werden meist große Mengen lockeren Gesteinsmaterials mit emporgeschleudert, zuweilen auch schon Lava-fetzen. Erst dann folgt das Ausfließen der Lava.

Das herausgeschleuderte Material, soweit es nicht vom Wind weiter davongetragen wird, und ausfließende Lava bauen häufig rings um die trichterförmige Schlotöffnung, den *Krater*, eine kegelförmige Erhebung auf, den *Vulkanberg*. Die feine vulkanische Asche verfestigt sich allmählich zu *Tuff*, der rings um den Vulkan mit gröberen Trümmern durchsetzt ist.

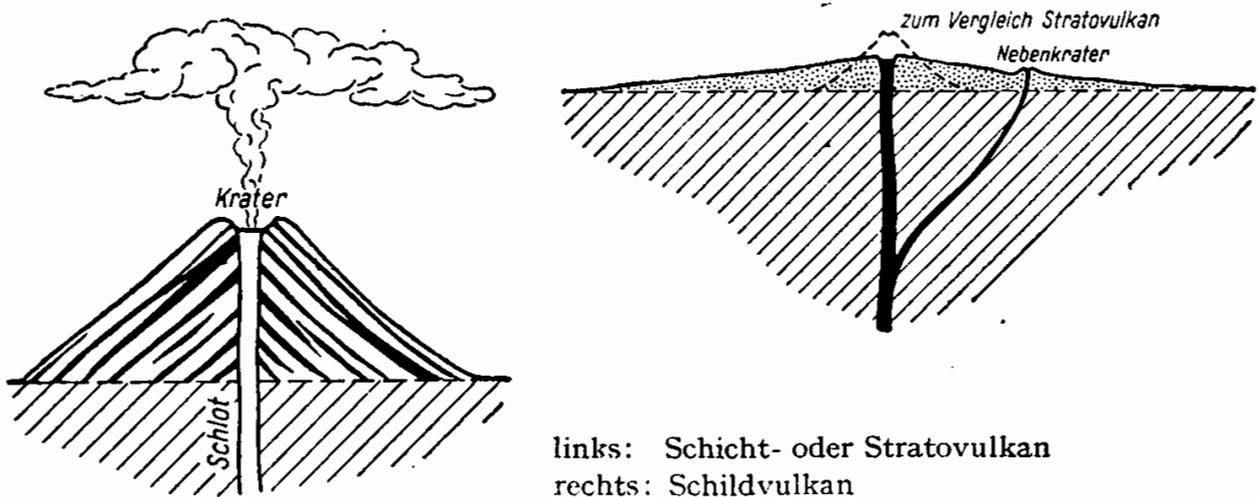
2. Vulkantypen

Abwechselnde Lagen von Tuff und Lava, die den Vulkankegel aufbauen, kennzeichnen den *Schichtvulkan* (Fudschijama, Ätna, Cotopaxi).

Ist die Lava gasarm, relativ dünnflüssig und werden keine Lockermassen gefördert, entsteht ein *Schildvulkan* (Island, Hawaii). Der Mauna Loa auf Hawaii steigt von 4000 m unter dem Meere an und hat in Meeresspiegelhöhe eine Grundfläche von 10000 km². An seiner Flanke öffnet sich ein Nebenkrater, der berühmte 3 km breite Kilauea, in dessen Tiefe ein glühender Lavasee brodelt (siehe Atlaskarte Hawaii).

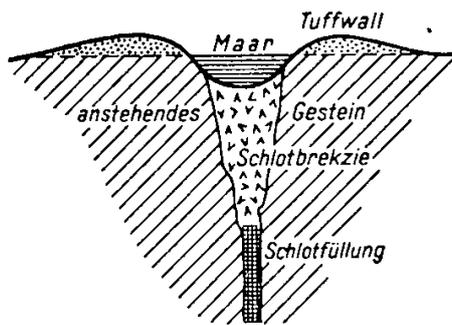
Bei besonders zäher Lava bildet sich über dem Schlot eine *Quellkuppe*, die meist von Tuff eingehüllt ist. Eine solche Quellkuppe ist der Drachenfels im Siebengebirge. Die Umhüllung aus Tuff ist seit langer Zeit schon durch die Abtragung beseitigt worden.

Erfolgt nur ein Gasausbruch mit geringem Auswurf von Lockermassen, so wird der Schlot durch zurückfallendes Material verstopft, und in der Krateröffnung sammelt sich das Oberflächenwasser zu einem fast kreisrunden See. Auf diese Weise sind die vielen *Maare* der Eifel entstanden.

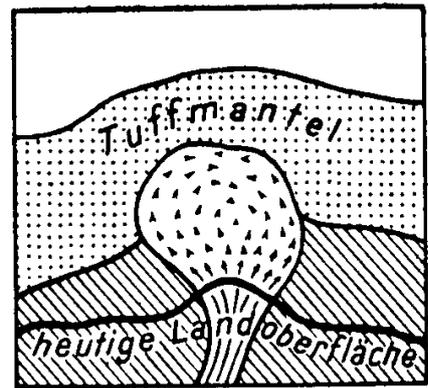


Zuweilen steigt das Magma nicht in einzelnen Schloten empor, sondern es kommt zum Ausfließen aus längeren Spalten, zu *Deckenergüssen*. Ein solcher Ausbruch aus einer etwa 30 km langen Spalte erfolgte im Jahre 1783 auf Island, wobei eine Fläche von 565 km² mit Lava bedeckt wurde. Ein Fünftel der Inselbevölkerung, die Hälfte des Rinderbestandes, vier Fünftel aller Schafe und drei Viertel des Pferdebestandes gingen zugrunde. – Riesige Lavadecken dieser Art finden sich im Nordwesten der USA (am Columbiafluß 300000 km²) und im Hochland von Dekan (bis 3000 m dick).

Gegenwärtig sind etwa 600 tätige Vulkane bekannt. Die Zahl der erloschenen Vulkane beträgt mehrere tausend. Oft sind Vulkane, die man längst erloschen glaubte, erneut in Tätigkeit getreten, wie zum Beispiel der Vesuv im Jahre 79 (Untergang von Herculenum und Pompeji).



Querschnitt durch ein Maar



Quellkuppe

AUFGABE: Suchen Sie alle genannten Vulkane oder Vulkangebiete im Atlas auf!

Trotz der furchtbaren Folgen größerer Vulkanausbrüche für die in der Nähe wohnenden Menschen werden vulkanische Gebiete vom Menschen nicht gemieden, weil das schnell verwitternde vulkanische Material besonders nährstoffreiche Böden ergibt. Rings um den Vesuv liegen üppige Fruchtgärten und wohnen zahlreiche Menschen. Um den Kegel des Ätna gruppieren sich 60 Dörfer. Das vulkanreiche Java mit mehr als 30 tätigen Vulkanen hat eine Bevölkerungsdichte von 380, im benachbarten nichtvulkanischen Kalimantan (Borneo) kommen dagegen nur 5 Menschen auf den Quadratkilometer.

Vulkanische Erscheinungen sind eine Auswirkung erdinnerer Kräfte. Sie bewirken das Empordringen heißer Stoffe aus der Tiefe der Erdkruste.

AUFGABEN: 1. Suchen Sie auf der Atlaskarte „Vesuv“ Herculenum und Pompeji! Schildern Sie nach einem Buch den Untergang beider Städte! (Siehe auch Erdkundelehrbuch der 7. Klasse!) – 2. Welche Vulkane haben Sie bisher im Erdkundeunterricht kennengelernt?

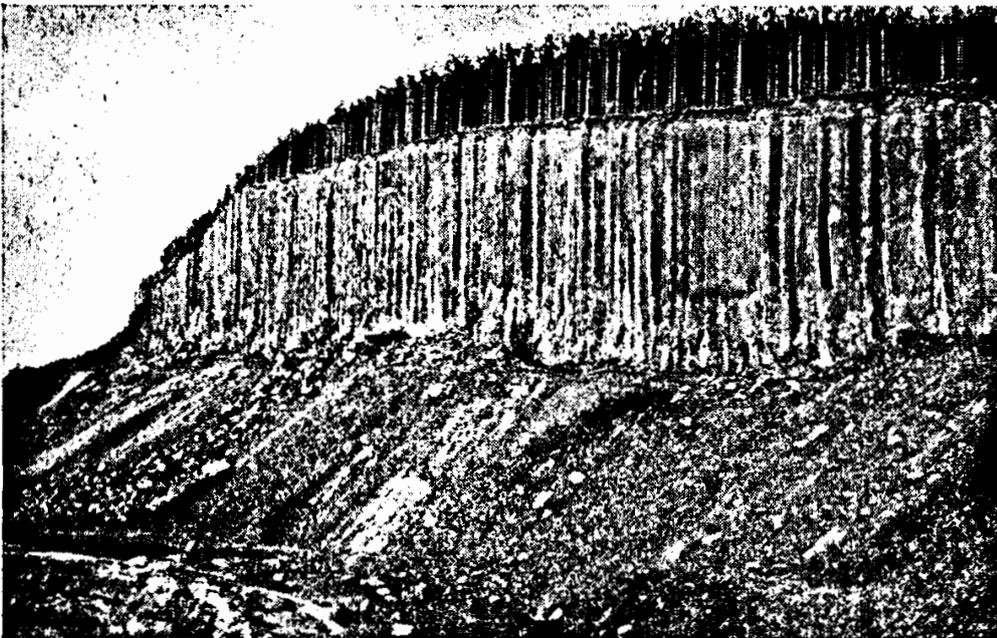
3. Gesteinsbildung aus dem Magma

a) Lava, die sich über die Erdoberfläche ergossen hat, erstarrt zu *Ergußgesteinen* (oder Oberflächengesteinen).

Ein typisches Ergußgestein ist der *Basalt*. Wir betrachten eine frische Bruchfläche dieses Gesteins: Sie ist dunkel und zeigt eine dichte Struktur, das heißt, es sind mit bloßem Auge keine Kristallformen zu erkennen. Das Magma erkaltete so rasch, daß sich keine großen Kristalle bilden konnten, wie es auch bei der Erstarrung von Hochofenschlacke beobachtet werden kann. Die dunkle Farbe ist auf den relativ geringen Kieselsäuregehalt zurückzuführen, die Schwere des Gesteins darauf, daß das Magma aus tieferen Bereichen (Sima) stammt.



Basaltkegel in der Vorderrhön. Die Erhebungen sind nicht die alten Vulkankegel. Diese sind längst abgetragen. Die Kegelberge sind Reste der alten Schlotausfüllung



Über Sand geflossene und erstarrte Basaltdecke am Scheibenberg bei Annaberg

Der Inselsberg,
ein Porphyrhärtling

In den Mittelgebirgen beider deutscher Staaten sind Basalte sehr verbreitet: In unserer Republik sind die Landeskronen bei Görlitz und die Basaltkuppen des Erzgebirges, des Zittauer Gebirges und des Elbsandsteingebirges Überreste zerstörter Basaltvulkane oder größerer Basaltdecken. In Westdeutschland findet sich Basalt in der Rhön, dem Westerwald, dem Siebengebirge und dem Kaiserstuhl im Oberrheingraben. Die größte zusammenhängende Basaltmasse auf dem europäischen Kontinent ist der Vogelsberg (2500 km²), vermutlich der Rest eines Schildvulkans.

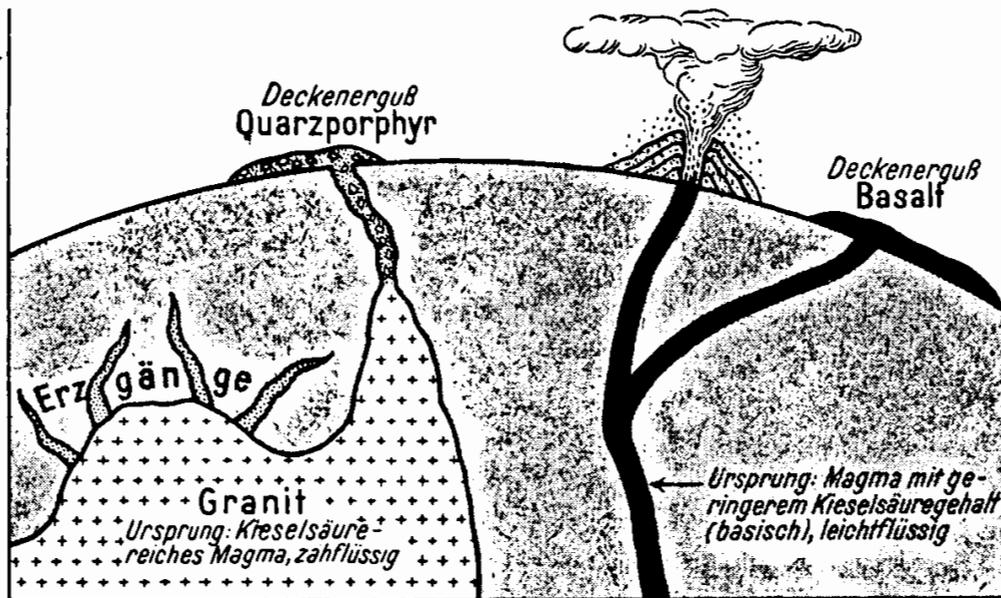
Beim Erkalten aus dem Schmelzfluß erstarrt der Basalt meist zu sechskantigen Säulen, die den Abbau des Gesteins erleichtern. Wegen seiner Härte kann der Basalt den zerstörenden Kräften gut widerstehen; er bildet deswegen Erhebungen im Gelände. Da er nur schwer verwittert, ist er besonders als Gleis- und Straßenschotter geeignet.

b) Wenn das Magma allmählich aufsteigt, also langsam abkühlt, setzt während des Aufsteigens bereits der Kristallisationsvorgang ein. Erst beim Ausfließen an der Erdoberfläche erstarrt die restliche Schmelze rasch, ohne größere Kristalle auszubilden. Ein auf diese Weise entstandenes Gestein zeigt gegenüber dem Basalt eine andere Bruchfläche: In einer dichten, meist rötlichen Grundmasse liegen einzelne größere Kristalle eingebettet, wie Rosinen in einem Kuchen. Eine solche Struktur nennt man porphyrisch, die Gesteine *Porphyre* (gr. *porphýreos* dunkelrot).

Porphyre sind im Thüringer Wald und Harz verbreitet. Auch Porphyre verwittern schwer und überragen deshalb als sogenannte Härtlinge ihre Umgebung: Die höchsten Erhebungen des Thüringer Waldes bestehen aus Porphyr. Bei Halle erheben sich aus der ebenen Lößfläche inselartig einzelne Porphyrkuppen (zum Beispiel der Petersberg). Auf dem Gebiet Westdeutschlands finden sich Porphyre im Odenwald und Schwarzwald.

c) Erreicht das Magma nicht die Erdoberfläche, sondern bleibt in der Kruste stecken, dann erkaltet es in der Tiefe wegen der schützenden Gesteinsumhüllung sehr langsam. Die gesamte Schmelze kann gut auskristallisieren. Die Bruchfläche eines solchen *Tiefengesteins* zeigt deshalb eine mit bloßem Auge gut erkennbare





Schematische Darstellung der Entstehung von Magmagesstein. – Erläutern Sie nach der Abbildung die Entstehung von Tiefen- und Ergußgesteinen!

körnige, grobkristalline Struktur. Ein bekannter Vertreter der Tiefengesteine ist der *Granit* (lat. *gránum* Korn), der sich in der Hauptsache aus den Mineralien Quarz, Feldspat und Glimmer zusammensetzt. Wegen seines größeren Kieselsäuregehalts ist der Granit – im Gegensatz zum Basalt – ein helles Gestein. Aus dem gleichen Magma kann sowohl Granit als auch ein porphyrisches Gestein entstehen: Fließt ein granitischer Schmelzfluß an der Erdoberfläche aus, dann erstarrt er zu Quarzporphyr.

Die Feldspatkristalle bestimmen die Farbe des Granits: Im sächsischen Granit zum Beispiel sind sie weißgrau, im schwedischen meist rötlich.

AUFGABE: Bestimmen Sie nach der Atlaskarte „Mitteleuropa, Geologie“ die Verbreitung von Tiefengesteinen a) in der Deutschen Demokratischen Republik, b) in Westdeutschland, c) in den angrenzenden Staaten!

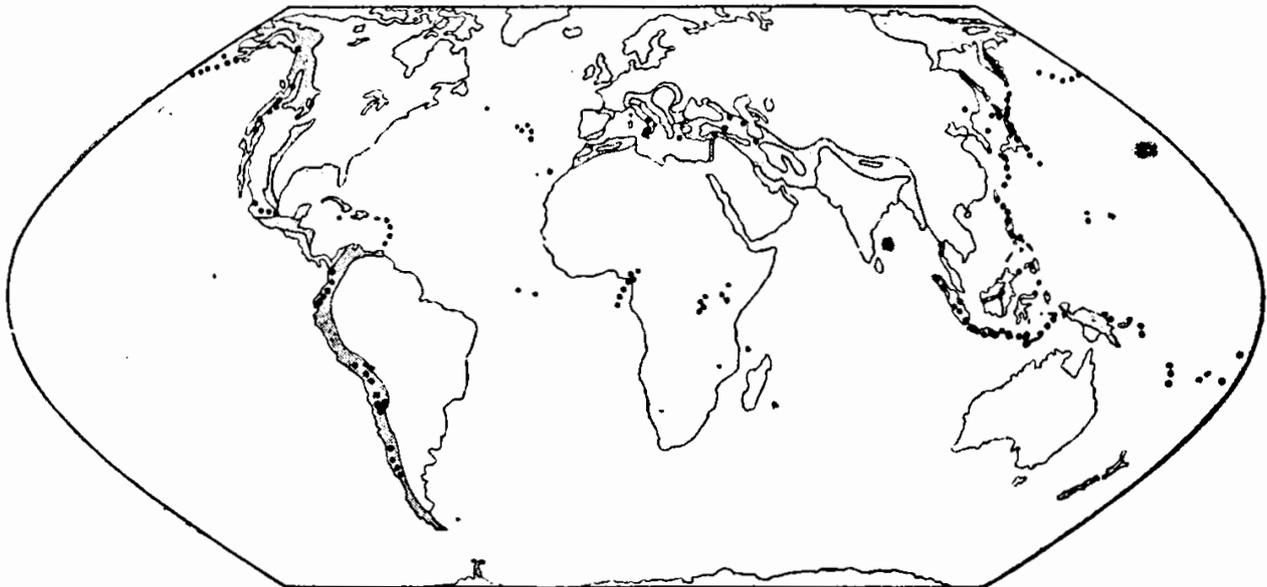
d) Von großen Magmamassen aus können Gänge oder Adern in das umgebende Gestein eindringen. Solche Gänge sind häufig als Erzadern ausgebildet, in denen sich das Erz aus der Schmelze oder aus wäßrigen Lösungen niederschlug (Blei- und Zinkerzgänge von Freiberg, Zinn- und Wolframerze des Osterzgebirges). Im Freiburger Bergrevier sind mehr als 1000 Erzgänge bekannt.

Ergußgesteine und Tiefengesteine widerspiegeln den unterschiedlichen Abkühlungsprozeß des emporgestiegenen glutflüssigen Magmas.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie an Gesteinsproben aus der Schulsammlung das unterschiedliche Gefüge von Granit, Porphyr und Basalt! – 2. Erkunden Sie durch einen Besuch der naturwissenschaftlichen Abteilung Ihres Heimatmuseums, welche Gesteine am Aufbau Ihres Heimatgebietes beteiligt sind! – 3. Legen Sie in Verbindung mit Exkursionen eine Sammlung der Gesteine an, die in Ihrem Heimatkreis besonders häufig auftreten!

Tiefengestein	Ergußgesteine		Gefüge	Dichte in' g/cm ³	Kiesel- säuregehalt
	ältere	jüngere			
Granit			grobkörnig kristallin	2,15	über 60 %
	Porphyr		dicht, mit Ein- sprenglingen	3	etwa 55 %
		Basalt	dicht	3,4	etwa 50 %

Der Vulkanismus ist eine häufige Begleiterscheinung bei der Gebirgsbildung und deshalb vorwiegend dort verbreitet, wo in junger geologischer Vergangenheit größere Gebirge aufgestiegen sind. Bei der Gebirgsbildung werden mehr oder weniger große Krustenteile, manchmal auch nur einzelne Schollen emporgehoben, oder sie sinken in die Tiefe. Hierbei wird der Zusammenhang der Gesteinsschichten der festen Erdkruste gestört, so daß das Magma sich in Spalten, Rissen oder Klüften einen Weg zur Erdoberfläche bahnen kann.



Die Bereiche der jungen, vorwiegend tertiären Faltung und Vulkane mit Ausbrüchen in historischer Zeit

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie, wie die Beschaffenheit des Erdinneren vertikale Krustenbewegungen ermöglicht! – 2. Nennen Sie Gräben, die durch das Absinken von Krustenteilen entstanden sind! Sie haben sie im Erdkundeunterricht der Klassen 5 bis 8 an vielen Stellen kennengelernt. – 3. Nennen Sie die Hauptteile der großen eurasiatischen und amerikanischen Faltengebirgszüge! – 4. Begründen Sie die auffällige Übereinstimmung zwischen dem Verlauf der jungen Faltengebirgszüge und dem Verbreitungsgebiet der heute noch tätigen Vulkane!

Alle Veränderungen im Oberflächenbild unseres Erdkörpers, die dadurch entstehen, daß kontinentweite Krustenteile sich heben beziehungsweise senken oder auf kleinerem Raum Gebirge aufsteigen beziehungsweise Schollen absinken, sind auf Kräfte zurückzuführen, die aus dem Erdinneren heraus wirken. Sie werden deshalb als *endogene Kräfte* (gr. *endón* innen, *génésis* Entstehung) bezeichnet. Sie erzeugen die Großformen an der Erdoberfläche.

Den endogenen Kräften wirken solche entgegen, die von außen her an der Zerstörung der Großformen arbeiten. Man nennt sie deshalb die *exogenen Kräfte* (gr. *étso* außen). Sie hängen vor allem von der Wirkung der Schwerkraft und von den klimatischen Verhältnissen ab: vom Wasser in allen Erscheinungsformen, von der Sonneneinstrahlung, dem Frost, dem Wind.

Sobald Teile der Erdkruste über ihre Umgebung hinausgehoben werden, beginnt das Zerstörungswerk der exogenen Kräfte. Die Verwitterung greift das Gestein an, Wasserläufe zerschneiden die Hänge und befördern das Verwitterungsmaterial in die Tiefe. Senkungsgebiete werden zugeschüttet, und der Schutt wird in ihnen aufgehäuft. Dieses lockere Material verfestigt sich allmählich und bildet schließlich neue Gesteinschichten, die bei erneuter Hebung durch endogene Kräfte wiederum in den Abtragungsbereich gelangen können. Auch hier schließt sich also wieder ein Kreislauf in der Natur. Die gegenwärtigen Formen der Erdoberfläche sind nur als ein Augenblickszustand im Jahrtausenden währenden Gang der Erdgeschichte anzusehen.

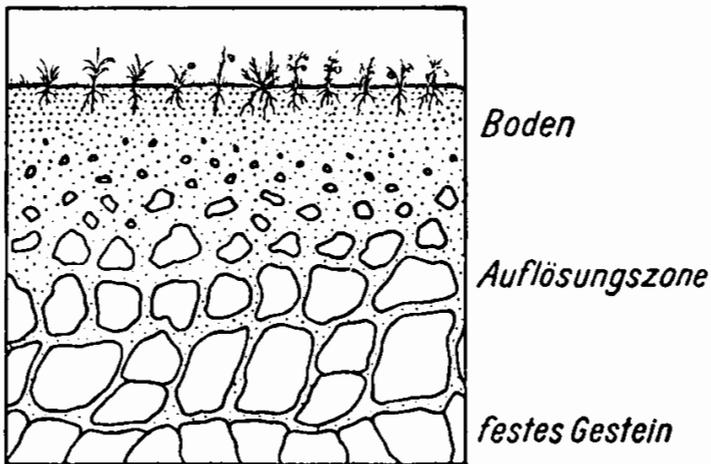
Die Formen der Erdoberfläche entstehen als Ergebnis des Wirkens von endogenen und exogenen Kräften. Während die endogenen Kräfte Hebungen und Senkungen von Krustenteilen verursachen, bewirken die exogenen Kräfte einen Ausgleich der Höhenunterschiede.

III. Die Gestaltung der Erdoberfläche durch exogene Vorgänge

1. Die Verwitterung

Alle exogenen Vorgänge werden eingeleitet durch die Zerstörung des festen Gesteins unter dem Einfluß der Witterung. Man nennt diesen Vorgang Verwitterung. Sie schafft die Voraussetzungen für die Umlagerung und den Transport von Gesteinsmaterial, den Abbau bestehender Formen und den Aufbau von neuen.

Häufig kann man feststellen, daß einzelne Gesteinsblöcke oder ganze Felshänge an der Oberfläche durch Regen, Schnee, Eis und Sonneneinstrahlung verfärbt und angegriffen sind. (Deshalb muß auch zur Bestimmung der Gesteinsstruktur und -farbe durch Aufschlagen eine frische Bruchfläche geschaffen werden.) Selbst widerständigste Gesteine zerfallen allmählich von der Oberfläche her zu lockerem Grus und Sand. Fast überall wird das feste Gestein der Erdkruste durch solches Lockermaterial verhüllt. Unter dem Einfluß des Klimas und der Vegetation sowie verschiedener Bodenorganismen entwickelt sich aus der äußeren Verwitterungsschicht der mit Humus durchsetzte *Boden*.



Verwitterungsprofil

AUFGABEN: 1. Suchen Sie in der Umgebung Ihres Schulortes Gesteine mit deutlichen Verwitterungserscheinungen! – 2. Beobachten Sie an einer Steinbruchwand, wie die Verwitterung von der Oberfläche her das Gestein angreift! – 3. Schildern Sie den Prozeß der Bodenbildung, wie Sie ihn im Biologieunterricht kennengelernt haben!

In welcher Weise das feste Gestein zerstört wird, hängt von denjenigen Kräften ab, die im jeweiligen Klimabereich vorwiegend wirken.

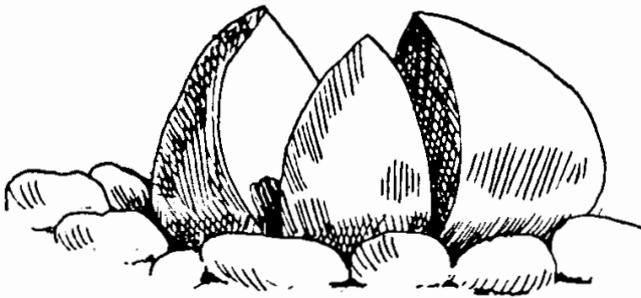
Das Gestein zerfällt entweder durch *physikalische Verwitterung* mechanisch ohne stoffliche Umwandlung in immer kleinere Bestandteile, oder es wird durch chemische Prozesse umgewandelt, also durch *chemische Verwitterung* zersetzt. Meist wirken beide Verwitterungsarten zusammen.

a) *Physikalische Verwitterung*

In den heißen Wüsten der Erde erhitzt sich tagsüber die Gesteinsoberfläche auf über 60 °C, nachts liegt die Temperatur sehr viel niedriger. Diese große Temperaturschwankung ruft starke Spannungen im Gesteinskörper hervor, weil sie hauptsächlich die äußeren Gesteinspartien, weniger den Gesteinskern betrifft (Gesteine sind schlechte Wärmeleiter). Hinzu kommt, daß sich die Mineralien, aus denen sich das

Gestein zusammensetzt, verschieden stark ausdehnen. So lockert sich das Gesteinsgefüge immer mehr bis zum völligen Zerfall.

Da die wirksame Kraft die Sonneneinstrahlung ist, bezeichnet man diese Verwitterungsart als *Insolationsverwitterung* (lat. *in in, sol* Sonne). Gesteinszerstörend wirkt nicht die hohe Temperatur, sondern die starke Temperaturschwankung innerhalb weniger Stunden. Die Spannungen im Gesteinskörper können so stark werden, daß Gesteinsblöcke mit einem Knall auseinanderbersten. Kantiger, grusiger oder auch schaliger Verwitterungsschutt kennzeichnet die Insolationsverwitterung.



Kernsprung in einem Granitblock

AUFGABEN: 1. Warum ist die Insolationsverwitterung besonders stark in Wüstengebieten? – 2. Begründen Sie, weshalb auch die kahlen Gipfel des Hochgebirges der Insolationsverwitterung unterliegen! – 3. Warum vergrusen grobkristalline Gesteine (Granit) bei häufigen stärkeren Temperaturschwankungen besonders leicht?

In Klimabereichen mit Temperaturen, die häufig um den Gefrierpunkt schwanken, wirkt der Frost gesteinszerstörend. Das in Spalten, Risse, Sprünge und Fugen eindringende Wasser dehnt sich beim Gefrieren um 9 Prozent seines Volumens aus und lockert dabei das Gesteinsgefüge. Dieser *Spaltenfrost* erzeugt ebenfalls eckigen Trümmerschutt.

AUFGABEN: 1. Welche Beobachtung können Sie machen, wenn Sie eine voll mit Wasser gefüllte Flasche starkem Frost aussetzen? – 2. In welchen Gebieten der Erde ist der Spaltenfrost unter den gegebenen klimatischen Bedingungen als Verwitterungsart vorherrschend? – 3. Inwiefern ist im Hochgebirge auch die Frostverwitterung wirksam? – 4. Begründen Sie, weshalb Insolationsverwitterung und Spaltenfrost zur physikalischen Verwitterung gehören!

b) Chemische Verwitterung

Sehr bedeutend ist der Anteil des Wassers an den Verwitterungsvorgängen. Als Oberflächen- oder Sickerwasser wird seine zerstörende Wirkung noch dadurch erhöht, daß in ihm Kohlendioxyd, Humus- und verschiedene andere Säuren enthalten sind. Da fast alle chemischen Prozesse bei Wärmezufuhr beschleunigt werden, ist die vom Wasser ausgehende Gesteinszersetzung in den feuchtheißen Gebieten der Erde am größten (sie wurde dort bis 100 m Tiefe festgestellt). Das Wasser löst die Mineralbestandteile auf oder wandelt sie um. Diese Verwitterungsart nennt man deshalb *Lösung*.

Kein Stoff in der Natur ist absolut unlöslich, wohl aber sind Gesteine teils leicht, teils schwer oder auch sehr schwer löslich. Am leichtesten erfolgt die *Auflösung von Salzschiechten*. Bei 20 °C können 100 g Wasser 35 g Steinsalz (NaCl) lösen.

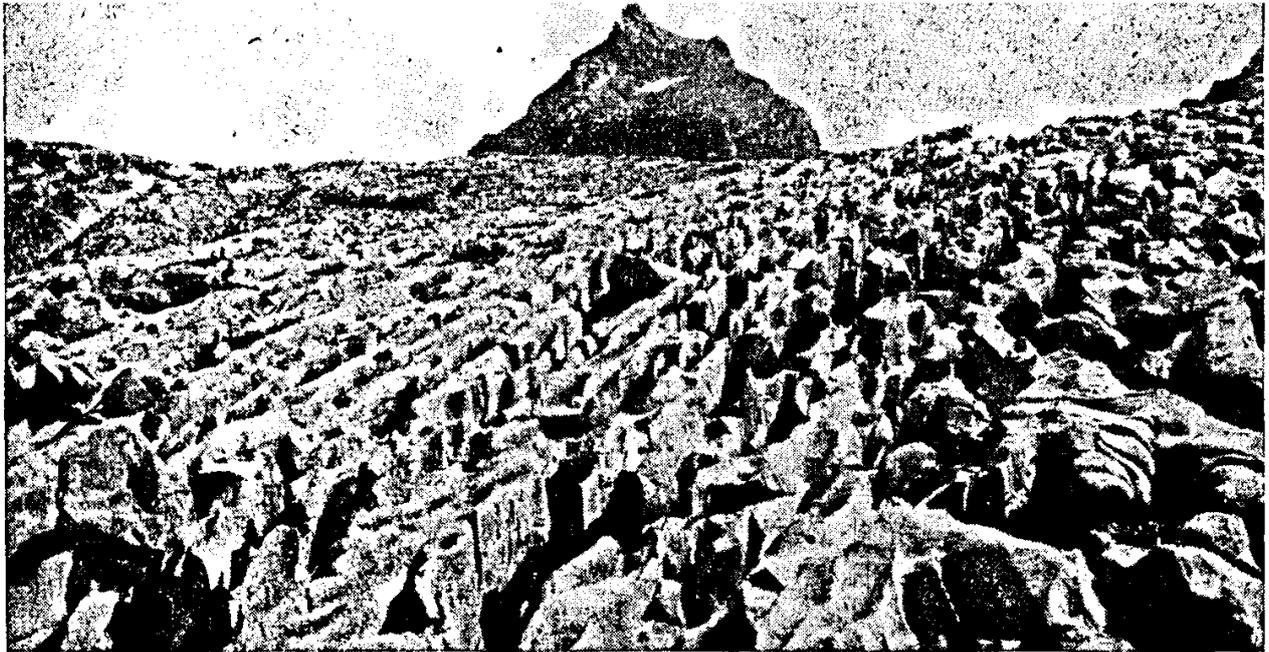
AUFGABEN: 1. Warum können Salzschiechten nur in Trockengebieten nahe der Erdoberfläche lagern? – 2. Welche Folgen ergeben sich für die Gestaltung der Landoberfläche, wenn Salzschiechten im Untergrund durch Sicker- oder Grundwasser aufgelöst werden? Machen Sie dazu folgenden Versuch: Legen Sie in ein mit Sand gefülltes Aquarium einige Zentimeter unter die Sandoberfläche einen mit Salz gefüllten Stoffbeutel und übergießen Sie wiederholt mit Wasser!

Die Senken am Südrand des Harzes verdanken ihre Entstehung überwiegend der im Laufe der Erdgeschichte erfolgten Auslaugung der in der Tiefe vorhandenen Salzlager. Man bezeichnet sie deshalb als *Auslaugungssenken*. Die bedeutendste unter ihnen ist die wegen ihrer Fruchtbarkeit bekannte Goldene Aue.

In Kalkgebirgen erzeugt die *Auflösung des Kalkgesteins* durch das Wasser charakteristische Formen. Ein Liter reines Wasser löst 0,013 g Kalkstein (CaCO_3), mit Kohlendioxyd gesättigtes Wasser dagegen 1,17 g.



Blick vom Kyffhäuser über die Goldene Aue zum Südharz



An der Oberfläche werden die Kalkfelsen längs vorhandener Risse oder Abflußrinnen mehr und mehr aufgelöst (vergleiche die obenstehende Abbildung). Im Untergrund werden Höhlen (zum Beispiel Rübeland) und Gänge ausgewaschen. Da die darüberlagernde Gesteinsdecke häufig nachbricht, bilden sich rundliche oder längliche Einsturzsinken, in denen das Oberflächenwasser versickert und zuweilen unterirdisch weiterfließt. Alle diese Vorgänge faßt man unter dem Namen ~ *Karst*-

oben: Verwitterte Kalkfelsen
links: Versickerungsstelle der Donau bei Tuttlingen

erscheinungen zusammen (nach dem als Karst bezeichneten Kalkgebirge im Nordwesten Jugoslawiens).

Karsterscheinungen sind weltweit verbreitet. Auf dem Territorium unserer Republik läßt sich die Auflösung des Kalkgesteins am besten im Südharz verfolgen, in Westdeutschland treten Karsterscheinungen vor allem in der Schwäbischen Alb auf. In Zeiten geringer Wasserführung der Donau versickert dort das gesamte Donauwasser in der Nähe von Tuttlingen; nach unterirdischem Lauf kommt es in der Aachquelle viel weiter südlich wieder zum Vorschein und fließt dem Bodensee zu (siehe Atlaskarte „Westdeutschland, südlicher Teil“).

Am schwersten angreifbar für das Wasser sind die Silikatgesteine, also Gesteine aus Mineralien mit großem Kieselsäuregehalt (90 Prozent aller Gesteine der Erdkruste). Durch komplizierte chemische Umsetzungen, die *Hydrolyse*, werden auch sie zerstört. Als Verwitterungsrückstand verbleiben vor allem Tone. Gesteinsauflösung und Hydrolyse bewirken also eine chemische Zersetzung der Gesteine.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie an Hand von Beispielen die physikalische und die chemische Verwitterung! - 2. Begründen Sie, warum die chemische

Im jugoslawischen Karstgebirge



Verwitterung in den feuchtheißen Tropen so tiefgründig wirkt! – 3. Erklären Sie, warum in den Trockengebieten der Erde und in den Polarregionen die chemische Verwitterung gegenüber der physikalischen zurücktritt!

Chemische und physikalische Verwitterung zerkleinern oder zersetzen das feste Gestein. Sie bereiten es auf für den Transport durch Schwerkraft, Wasser, Wind und Eis. Alle Verwitterungsvorgänge hängen hauptsächlich vom Klima ab, erst in zweiter Linie von der Widerständigkeit des Gesteins.



Verwitterungs-, Abtragungs- und Aufbauformen im Hochgebirge. – 1. Welche Verwitterungsart war hier wirksam? – 2. Charakterisieren Sie die Aufschüttungsformen am Fuß der Felswände!

2. Die Massenbewegungen

Durch die Umlagerung des Verwitterungsschutts werden die Formen der Erdoberfläche dauernd umgewandelt. Wo Material fortgeführt wird, entstehen *Abtragungsformen* (Denudationsformen, von lat. *nudare* entblößen), wo es abgelagert wird, *Aufschüttungsformen* (Akkumulationsformen, von lat. *accumulare* anhäufen).

Nur unter besonderen Bedingungen wirkt eine der exogenen Kräfte – Schwerkraft, Wasser, Eis und Wind – für sich allein. Meist wirken mehrere zugleich, wobei je nach den klimatischen Bedingungen, dem Relief und der vorhandenen oder feh-

lenden Vegetation die eine oder die andere Kraft vorherrschend ist. Die Schwerkraft ist naturgemäß überall beteiligt.

a) An den sehr steilen Hängen und den oft senkrecht aufragenden Felswänden des Hochgebirges erfolgt die Massenbewegung meist allein unter der Wirkung der Schwerkraft. Das durch die Verwitterung gelockerte Material, wie Sand, Steine oder größere Blöcke, stürzt in die Tiefe und baut am Hangfuß einzelne *Schuttfächer* (Schuttkegel) oder zusammenhängende *Schutthalden* auf.

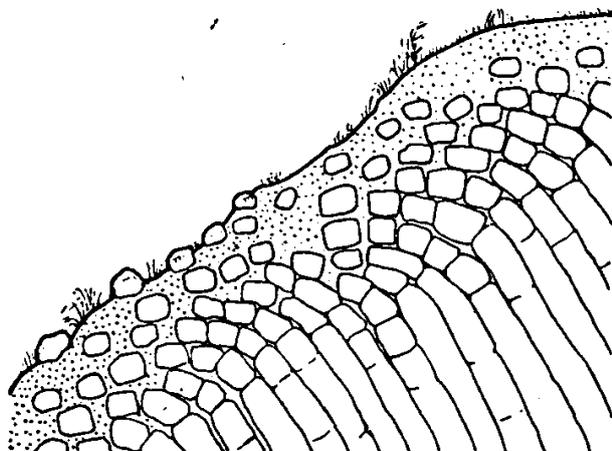
Ist dieser *Steinschlag*, der sich zu *Steinlawinen* steigern kann, schon gefährlich, so haben *Felsstürze* oder *Bergstürze* wegen der größeren Menge des niedergehenden Gesteins vernichtende Wirkungen. So brachen im September des Jahres 1806 beim Bergsturz von Goldau (unweit des Vierwaldstätter Sees) in der Schweiz 30 bis 40 Millionen m³ Gestein herunter. Derart plötzlich niedergehende Gesteinsmassen vermögen in den Tälern Flüsse zu Seen aufzustauen: Der Eibsee an der Zugspitze ist auf diese Weise entstanden.

In den Gebirgen mahnen häufig Schilder mit der Aufschrift „Achtung Steinschlag!“ zur Vorsicht. Straßen und Schienenwege werden an gefährdeten Stellen mit kräftigen Balken überdacht.

AUFGABEN: 1. Begründen Sie, weshalb in den Alpen während der Monate Januar bis März kaum Absturzbewegungen erfolgen! – 2. Warum sind Steinschlag und Steinlawinen im Frühjahr besonders häufig? – 3. Beobachten Sie an steilen Hängen in der Umgebung Ihres Schulorts oder auf Wanderungen durch die Schwerkraft allein verursachte Massenbewegungen! Welche Schutzmaßnahmen an steilwandigen Bahneinschnitten haben Sie schon beobachtet?

b) An Hängen mit geringerer Neigung, auch bei den meist sehr flachen Böschungen des Tieflandes, vereinen sich Schwerkraft und Wasser bei der flächenhaften Landabtragung (Denudation). Das besonders bei der Schneeschmelze gut durchfeuchtete Verwitterungsmaterial bewegt sich langsam abwärts. Die Bezeichnungen *Gekriech* und *Rutschung* bringen deutlich zum Ausdruck, in welcher Weise das

langsame Abwärtswandern des Bodens – auch bei Vorhandensein einer Vegetationsdecke – erfolgt. Gräben werden von der hangaufwärts gelegenen Seite her zgedrückt, die Grasnarbe reißt auf, und weiter unterhalb wird sie zusammengestaucht.



Hakenwerfen von Gesteinsschichten. – Weisen Sie am sogenannten Hakenwerfen von Schichten das Gekriech nach!



Rutschung am Dornbusch auf der Insel Hiddensee

AUFGABE: Erläutern Sie an einer Profilskizze, wie Rutschungen an Hängen durch hangabwärts geneigte tonige Schichten unter der Oberfläche begünstigt werden! Denken Sie an den Ton als Grundwasserstauer!

c) Besonders günstige Voraussetzungen für flächenhaftes Abwärtsgleiten von Bodenschichten sind dann gegeben, wenn über gefrorenem Untergrund der Boden durch Auftauen stark durchfeuchtet ist. Wie Brei fließt er dann über der gefrorenen Unterlage ab, so daß man diese Erscheinung als *Bodenfließen* oder *Solifluktion* (lat. *solum* Boden, *fluctio* das Fließen) bezeichnet.

d) Eine weitere Form der flächenhaft wirkenden Abtragung stellt die *Abspülung* dar. Heftige Gewittergüsse oder plötzliche Schneeschmelze liefern mehr Wasser, als auf normalem Wege abfließen oder versickern kann. Die Hänge werden – auch bei geringer Hangneigung – von unzähligen kleinen *Spülrinnen* zerfurcht, manchmal kommt es sogar zu zentimeterhohen *Schichtfluten*, die viel Lockermaterial mit sich reißen.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie an Hand des folgenden Versuchsergebnisses, welche Bedeutung Hangneigung und Vegetation für die Abspülung haben!

	grasbedeckter Boden			nackter Boden		
	10°	20°	30°	10°	20°	30°
Hangneigung abgespülter Boden	14 g	42 g	51 g	834 g	1368 g	3104 g

– 2. Beobachten Sie an frisch aufgeschütteten Bahndämmen oder geneigten Feldflächen Abspülvorgänge!

Verhängnisvoll können sich Abspülvorgänge in den großen Ackerbaugebieten und im Waldgebirge auswirken, sofern ihnen der Mensch nicht entgegentritt. Sie führen dann zu Erscheinungen, die als *Bodenabtrag* (Bodenzerstörung oder Boden-erosion) bezeichnet werden.

Schon eine Neigung von 3° genügt, um auf Äckern die flächenhafte Abspülung beginnen zu lassen. Die fruchtbare Bodenkrume wird fortgespült, Spülrinnen, die sich immer mehr vertiefen, zerfurchen das Gelände. An den tiefsten Stellen wird der Acker durch angeschwemmtes Material übersandet und unbrauchbar gemacht. Schließlich erweitern sich die Spülfurchen zu metertiefen Schluchten, die sich immer weiter in die Hänge einfressen und das Ackerland zerstören (vergleiche Abbildung auf Seite 106 oben).

In den Kahlschlägen der Waldgebirge trifft der Niederschlag unmittelbar auf den Boden. Da das Wasser nicht rasch genug versickern kann, steigt der oberirdische Abfluß und spült den lockeren Boden ab. Sofern die Wurzelstöcke gerodet wurden, wird der ohnehin schon gesteigerte Bodenabtrag noch gefördert.

Bodenabtrag (Bodenerosion) wird also dort begünstigt, wo größere Flächen mit Lockerboden frei dem Angriff der exogenen Kräfte ausgesetzt sind und der Mensch durch Raubbau und Nichtachtung der Naturgesetze das natürliche Gleichgewicht stört. Derartige Erscheinungen sind typisch für alle kapitalistischen Staaten.



Bodenfließen auf der Taimyr-Halbinsel. – Solifluktuationserscheinungen sind im Bereich des polaren und subpolaren Klimas weit verbreitet (Spitzbergen, Nordsibirien, Grönland, Island). Zur Zeit der Schneeschmelze sind sie auch bei uns zu beobachten



Erosionsschluchten im Wolgasteppegebiet vor der Umgestaltung

Auch die sozialistischen Länder leiden gegenwärtig noch unter den Folgen feudaler oder kapitalistischer Mißwirtschaft. So ist zum Beispiel das nordchinesische Lößgebiet mit seinen rund 430000 km² ein ebenfalls von der Bodenerosion stark gefährdetes Gebiet. Durch Abspülung wurden bisher jährlich etwa 1,4 Milliarden Tonnen Lößschlamm in den Hwangho und von diesem in die nordchinesische Ebene sowie in das Gelbe Meer gespült.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie, welchen Schutz der Wald gegen die Bodenerosion gewährt! – 2. Inwiefern wirken die Terrassierung von Hängen und eine wissenschaftlich begründete Fruchtfolge der Bodenerosion entgegen? – 3. Warum sollen geneigte Ackerflächen immer nur quer zum Hang gepflügt werden? Kontrollieren Sie an entsprechenden Stellen in Ihrem Heimatkreis die Anlage der Pflugfurche! – 4. Sprechen Sie über Bodenerosionsschäden, die Sie bei der Behandlung der Landwirtschaft der USA kennenlernten! – 5. Begründen Sie, inwiefern die gesellschaftlichen Verhältnisse in den USA die Bekämpfung der Bodenerosion erschweren! Stellen Sie dem die Verhältnisse im Süden des europäischen Teils der Sowjetunion gegenüber, wo durch rücksichtslose Entwaldung in zaristischer Zeit schwere Schäden entstanden waren!

Die Hauptgebiete der Bodenzerstörung liegen heute in den USA, obwohl jährlich Millionen Dollar für ihre Bekämpfung aufgewendet werden. Für den gesamten Bereich der USA hat man errechnet, daß durch die Flüsse jährlich über 500 Millionen Tonnen Feinschlamm und 270 Millionen Tonnen an gelösten Stoffen ins Meer befördert werden. Im Staat Missouri ergaben Untersuchungen, daß das Getreideland

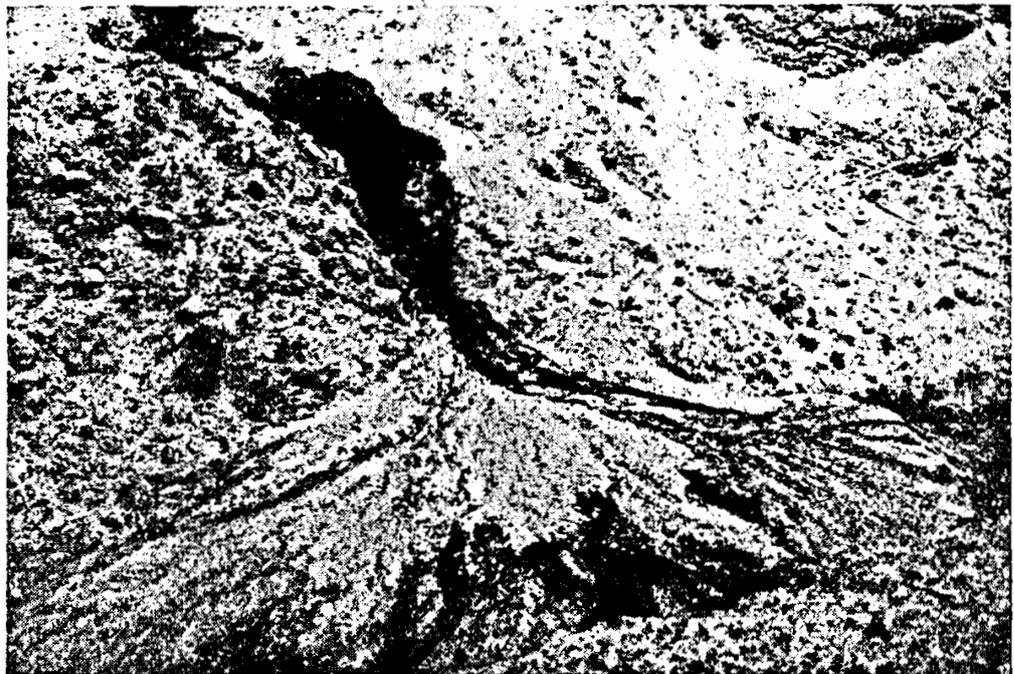
während eines Zeitraums von 24 Jahren durchschnittlich 18 cm der Oberkrume durch Abspülung verlor. Bei richtiger Fruchtfolge würde die gleiche Menge erst nach 3500 Jahren verlorengehen.

Die flächenhafte Landabtragung (Denudation) ist eine Folge der Massenbewegungen. Besondere Schutzmaßnahmen erfordert die Bodenerosion.

AUFGABEN: 1. Überprüfen Sie, ob Anzeichen von Bodenerosion auf den Feldern einer Ihnen bekannten LPG oder eines volkseigenen Gutes festzustellen sind! Welche Maßnahmen wurden dagegen getroffen? – 2. Bei welchen Massenbewegungen wird vorwiegend trockenes, bei welchen feuchtes Material umgelagert?

3. Die Flüsse als oberflächengestaltende Kraft

Bereits bei den Abspülungsvorgängen ist folgendes zu beobachten: An sandigen Böschungen oder Hängen schneiden sich kleine Rinnsale immer tiefer ein, wobei Sandkörnchen um Sandkörnchen abwärts transportiert wird. Am unteren Rand des Hanges, wo die Fließgeschwindigkeit des Wassers nachläßt, werden sie als Schuttkegel abgelagert. Was hier im kleinen Maßstab geschieht, wiederholt sich im großen bei der Tätigkeit der Flüsse: Der Fluß fließt, wobei er Material *transportiert*. Er schneidet sein Bett in den Untergrund ein, er *erodiert* (lat. *eródere* ausnagen). Das mitgeführte Material wird an bestimmten Stellen abgelagert, angehäuft; der Fluß *akkumuliert*. Die Arbeit, die der Fluß bei der Gestaltung der Landoberfläche leistet, besteht also aus Transport, Erosion und Akkumulation.



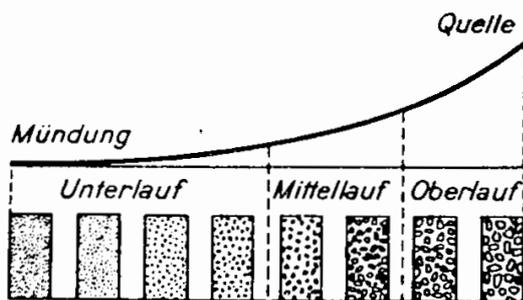
Erosionsfurche
und Schwemm-
kegel

a) *Transport*

Die Transportenergie des fließenden Wassers ist abhängig von der Fließgeschwindigkeit (diese wiederum vom Gefälle) und der Wassermenge (vergleiche Physik:

$$W_{\text{Kin}} = \frac{1}{2} mv^2).$$

AUFGABEN: 1. Welches Verhältnis besteht im allgemeinen zwischen Fließgeschwindigkeit und Wassermenge in den einzelnen Flußabschnitten (Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf)? - 2. Begründen Sie, weshalb durch Gebirgsflüsse groberes Material verfrachtet werden kann als durch Flachlandströme!



Die Korngröße der Flußsedimente

Beim Transport des durch Massenbewegungen in den Flußlauf geratenen Materials wird dieses durch Rollen (daher Gerölle), Reiben, Stoßen und Abschleifen mechanisch zerkleinert. Kantige Brocken und Steine werden gerundet, geglättet und können allmählich zu Kies und grobem bis feinstem Sand zerrieben werden. Neben diesem Material, das am Grunde des Flusses bewegt wird, werden feinste Partikelchen, die *Flußtrübe*, schwebend und andere Stoffe in gelöstem Zustand (Salze, Karbonate, Humusstoffe) transportiert.

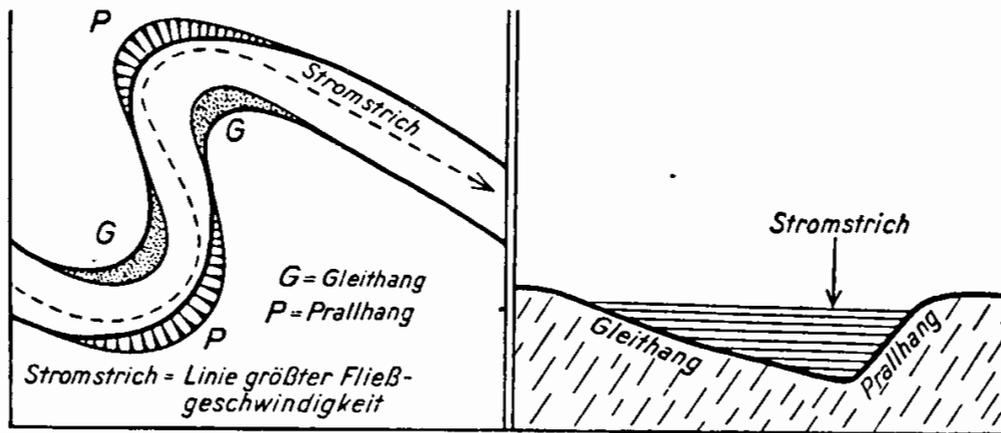
Die Korngröße der Flußsedimente

Transport fester Stoffe in Millionen t je Jahr			
Elbe (Mündung)	0,63	Ganges	360
Rhein (bei Emmerich)	4	Jangtsekiang	530
Nil	51	Amazonas etwa	1000
Donau (Mündung)	82		

AUFGABEN: 1. Beobachten Sie die Schlammführung in Wasserläufen Ihrer Umgebung! Wann tritt sie verstärkt auf? - 2. Welches Material muß der Fluß bei nachlassender Fließgeschwindigkeit zuerst fallenlassen? Inwiefern tritt dadurch eine Sortierung des Materials ein (vergleiche die obenstehende Abbildung)? - 3. Erläutern Sie, welchen Einfluß Buhnen auf Fließgeschwindigkeit und Materialtransport haben!

b) *Erosion*

Die vom Fluß mitgeführten Gerölle, Kiese und Sande bearbeiten sich nicht nur gegenseitig. Beim Transport über die Flußsohle schürfen sie diese aus, der Fluß erodiert in die Tiefe (*Tiefenerosion*).



Prall- und Gleithang. – Begründen Sie die Akkumulation des Materials am Gleithang!

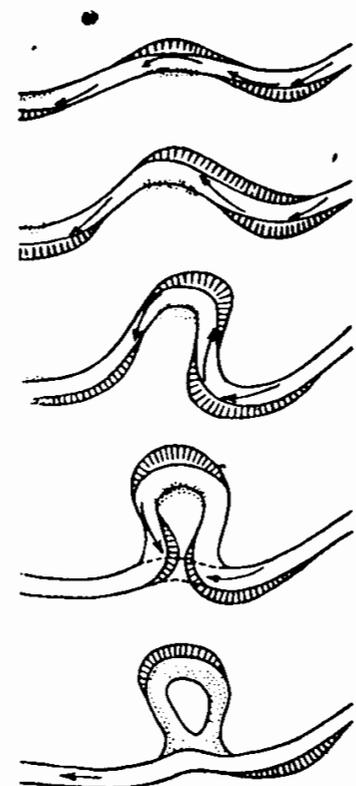
AUFGABEN: 1. Erläutern Sie, in welchem Flußabschnitt im allgemeinen die Tiefenerosion vorherrscht! – 2. Welche Auswirkung haben Talsperren und Stauwehre auf die Tiefenerosion? – 3. Inwiefern schafft die Tiefenerosion immer wieder günstige Voraussetzungen für die Denudation?

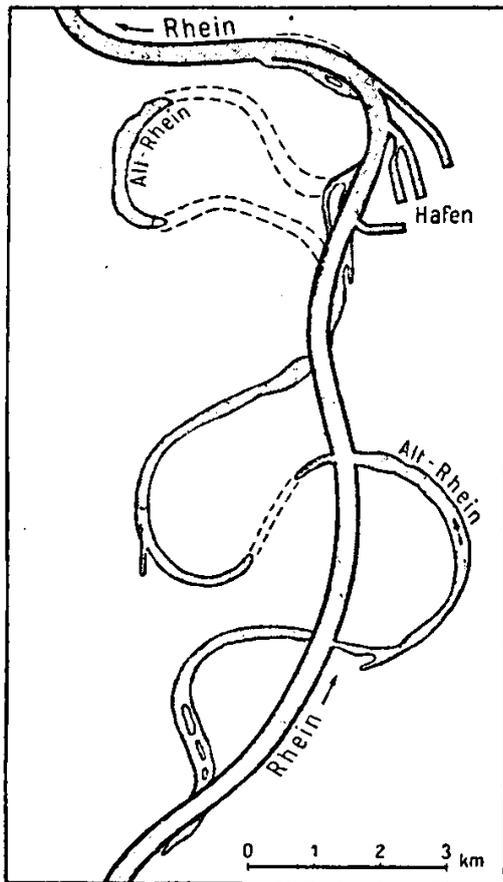
An gekrümmten Laufstellen prallt das Wasser an die Außenseite der Krümmung, den *Prallhang*, und erodiert dort nach der Seite, indem das Ufer unterspült, unterschritten wird (*Seitenerosion*). Am gegenüberliegenden Hang, dem *Gleithang*, wird nicht erodiert, sondern akkumuliert.

Tiefen- und Seitenerosion wirken meist gleichzeitig. Die Seitenerosion wirkt besonders bei Wasserläufen mit vielen Windungen oder *Mäandern* (nach dem windungsreichen kleinasiatischen Fluß Maiandros, jetzt Menderes; vergleiche Atlaskarte „Apenninen- und Balkanhalbinsel“).

AUFGABEN: 1. Studieren Sie die Määnderbildung und die Wirkung der Seitenerosion an Wasserläufen Ihrer Heimat! Auch Mäander an Bächen und Rinnsalen sind dafür geeignet. – 2. Berichten Sie über Schutzmaßnahmen an Prallhängen!

Määnderbildung. – Erläutern Sie an Hand der Abbildung a) die Erweiterung der Flußschlinge durch die Seitenerosion, b) den Durchbruch des Määnderhalses und die Ausbildung von Altwässern in der ehemaligen Flußschlinge, c) weshalb die Fließgeschwindigkeit im nunmehr begradigten Flußabschnitt vergrößert ist!





Der begradigte Oberrheinlauf (Ausschnitt). – Erläutern Sie die Auswirkungen der Regulierung auf Landwirtschaft und Schifffahrt! – An welchem Fluß unserer Republik sind Flußbegradigungen in größerem Ausmaß vorgenommen worden?

c) Akkumulation

Überall dort, wo die Transportkraft des Flusses erlahmt, lagert er ab, es entstehen Akkumulationsformen, wie zum Beispiel die Sand- und Kiesbänke an Gleithängen. Die Aufschüttung wird besonders augenfällig, wenn größere Massen abgelagert werden, also nach Hochwässern, und dort, wo Gebirgsflüsse in Seen einmünden oder in das Vorland eintreten.

Bei der Einmündung in das Meer muß der Fluß schließlich alles bis dorthin mitgeführte Material fallenlassen. Sofern es nicht

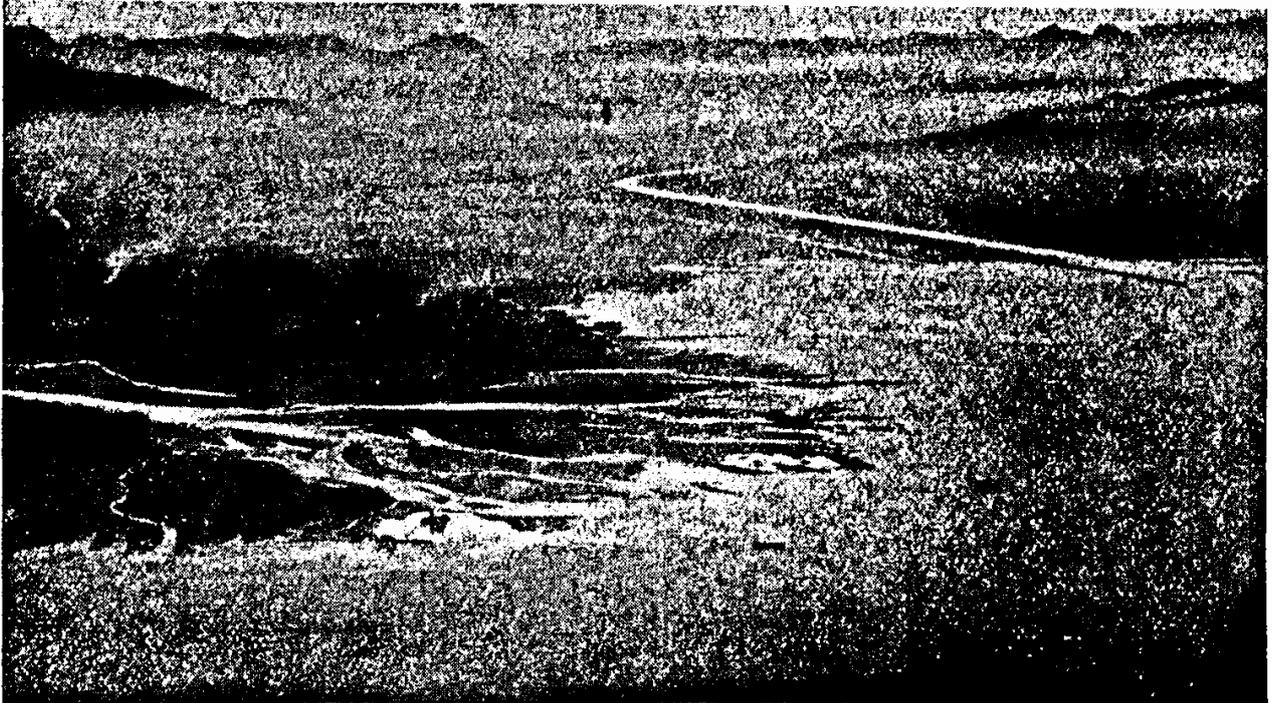
durch Meeresströmungen oder den Gezeitenstrom fortgeführt wird, baut sich vor der Mündung ein *Delta* auf, das sich von Jahr zu Jahr weiter in das Meer hinauschiebt.

Das Vordringen verschiedener Deltas in m je Jahr			
Donau	33	Po.....	70
Rhône	58	Mississippi	100

AUFGABE: Die Städte Adria und Ravenna wurden als Hafenstädte gegründet. Überprüfen Sie die heutige Lage der beiden Städte an Hand der Atlaskarte „Alpenländer“!

Ganze Landesteile sind durch die Akkumulation der Flüsse aufgebaut worden, zum Beispiel das Schwemmland der Poebene, die chinesische Tiefebene, das Tiefland des Euphrat und Tigris und das Nildelta (22000 km²).

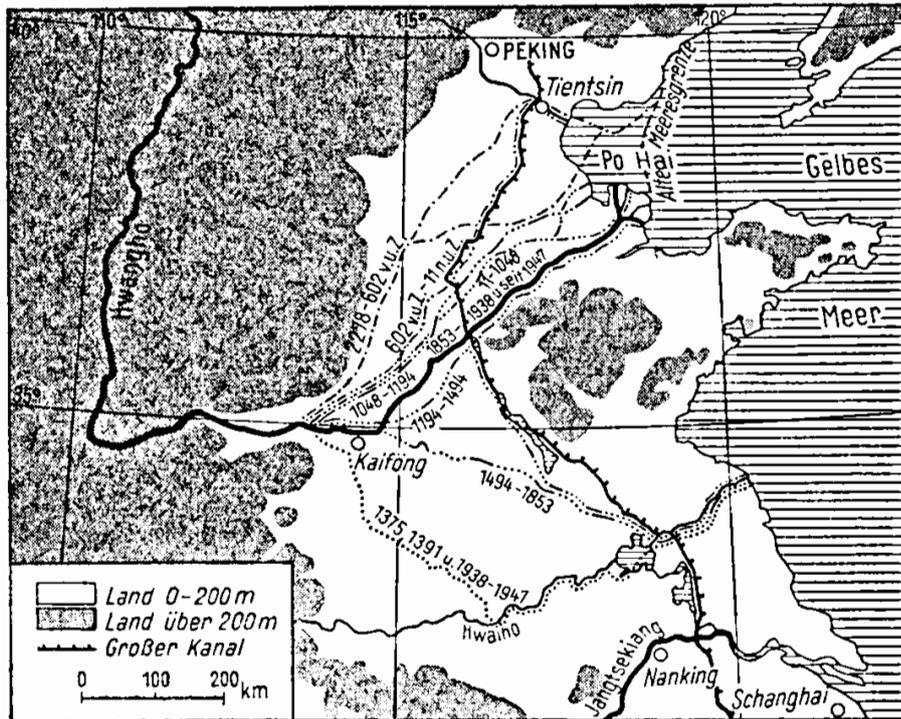
- AUFGABEN: 1. Übertragen Sie auf Pauspapier das Städtedreieck Kairo-Alexandria-Port Said (Atlaskarte „Nildelta“) und legen Sie es auf die Atlaskarte „Deutsche Demokratische Republik, Oberflächenformen“! – 2. Suchen Sie im Atlas andere große Flußaufschüttungsebenen und Deltas! – 3. Berichten Sie über die wirtschaftliche Nutzung des Donaudeltas!



Delta der Aach im Bodensee. – 1. Begründen Sie die starke Schutführung der Aach aus den Gefällsverhältnissen. Benutzen Sie hierzu die Höhenangaben auf der Atlaskarte „Westdeutschland, südlicher Teil“! – 2. Beschreiben Sie die Form des sich in den See vorschiebenden Schuttkegels! – 3. Inwiefern kann der Bodensee als das Klärbecken des Rheins bezeichnet werden?



Schotterfelder
an der
Gottleuba



Laufverlegungen des Hwangho in geschichtlicher Zeit

Stark schuttbeladene Flußläufe schütten ihr Bett so sehr auf, daß ihr Spiegel schließlich höher liegt als das umgebende Land, das demzufolge durch Dämme geschützt werden muß. Werden die Schutzdämme solcher *Dammflüsse* bei Hochwasser durchbrochen, sind die Folgen katastrophal: Der Fluß überflutet riesige Flächen und sucht sich unter Umständen einen neuen Lauf. Im Jahre 1853 verlegte dadurch der Hwangho seine Mündung 700 km nach Norden. In den letzten 4000 Jahren pendelte er zwischen Tientsin und der Jangtsekiangmündung hin und her und wurde zum „Kummer Chinas“. Der Po, der bei Ferrara in Höhe der Hausdächer fließt, überflutete 1951 große Teile der Poebene.

Bei der Gestaltung der Landoberfläche durch die Flüsse wirken Transport, Erosion und Akkumulation zusammen.

AUFGABEN: 1. Erklären Sie die starke Schuttführung des Po aus den Niederschlags- und Gefällsverhältnissen seines Einzugsgebietes (Atlaskarten „Mitteleuropa, jährliche Niederschläge“ und „Alpenländer“)! – 2. Woher stammt die gewaltige Schlammführung des Hwangho (Hwangho = Gelber Fluß)? – 3. Fertigen Sie eine Profilskizze eines Dammflusses an!

d) Die Talbildung

Sobald ein Stück der Erdkruste (zum Beispiel durch Hebungsvorgänge) aus einem niedrigeren Niveau in ein höheres gerät, wird die Tiefenerosion belebt. Vom Augenblick des Emporsteigens an schneiden die Flüsse ihre Täler in den sich allmählich hebenden Gebirgskörper ein.

Ohne die Wirkung der Flußerosion wäre zum Beispiel das Erzgebirge diesseits der Staatsgrenze eine recht einförmige Hochfläche. Lediglich die tief eingeschnittenen Täler zergliedern die überall erkennbare Hochfläche und verleihen ihr den Charakter eines Gebirges.

AUFGABEN: 1. Nennen Sie andere Ihnen bekannte Mittelgebirgsteile, die durch die Flußerosion tief zertalt sind! – 2. Begründen Sie, weshalb beim Emporsteigen der Erzgebirgsscholle die Flußerosion verstärkt wirken mußte!

Während der Fluß bestrebt ist, sich entlang der Linie, der er beim Fließen folgt, mehr und mehr in den Talboden einzusenken (lineare Erosion), werden gleichzeitig die Talhänge durch Massenbewegungen abgetragen (Denudation). Je nach dem Vorherrschen der einen oder der anderen Kraft und der Gesteinsbeschaffenheit entstehen bestimmte *Talformen*:

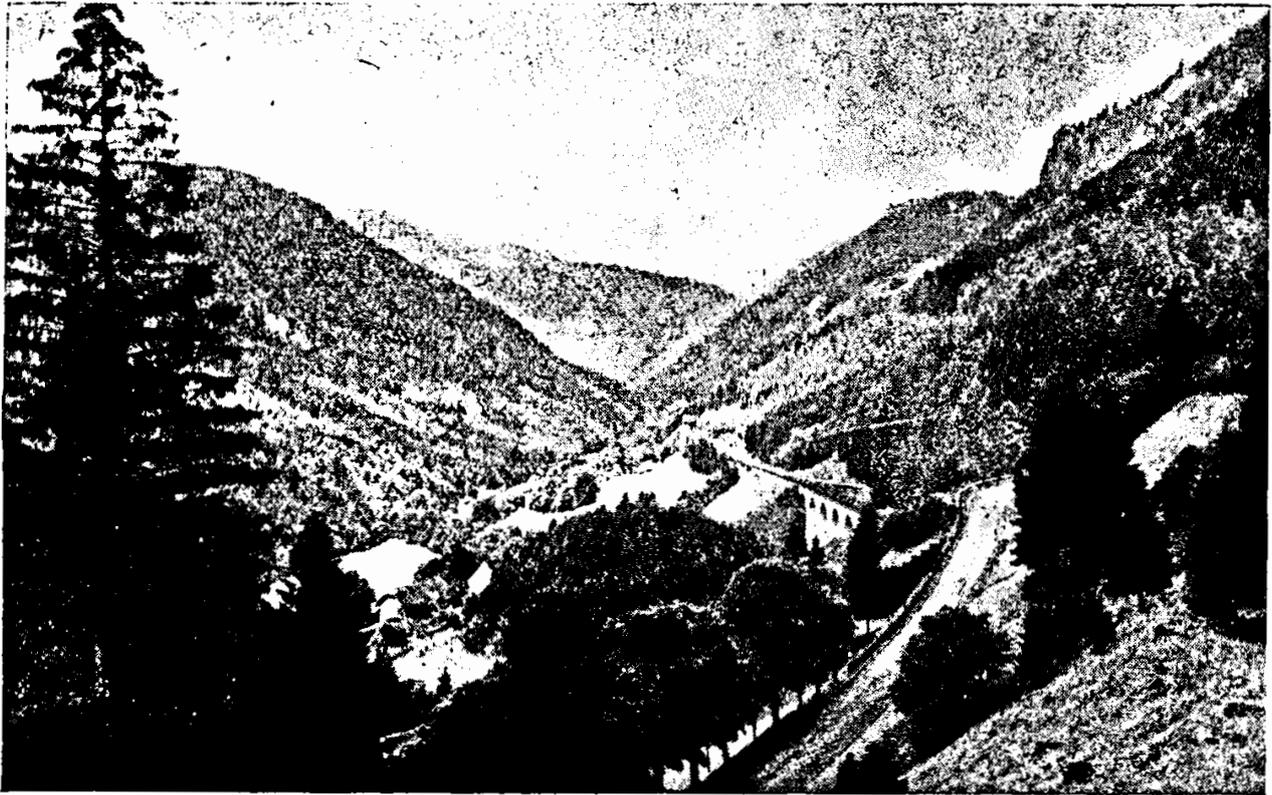
Vorherrschende Tiefenerosion in widerständigem Gestein führt zur Ausbildung einer *Klamm*. Sie tritt häufig in Kalk- oder Sandsteingebirgen auf.

Kräftigere Hangabtragung und gleichzeitige intensive Tiefenerosion lassen *Kerbtäler* mit V-förmigem Querschnitt entstehen, deren Hänge teils mehr, teils weniger geneigt sind. Die Talsohle bietet neben dem Wasserlauf meist nur Platz für einen Weg.

Wenn unter bestimmten Bedingungen die Tiefenerosion erlischt, füllt der Fluß das Tal mit seinen Schottern auf. Die sich auf diese Weise immer mehr verbreiternde Talsohle ist das Kennzeichen des *Sohlentals*. Bei dem nunmehr verringerten Gefälle pendelt der Fluß auf seinen eigenen Aufschüttungen hin und her. Es entstehen – wie bei zahlreichen Strömen des Tieflands – Flußschlingen oder Mäander. Die an den Prallhängen wirksame Seitenerosion verbreitert die Talsohle noch zusätzlich, wobei natürlich die Hangabtragung weitergeht.



Die Drachenschlucht bei Eisenach. – 1. Nennen Sie ein weiteres Beispiel für die Klamm auf dem Territorium beider deutscher Staaten! – 2. Beschreiben Sie das Aussehen einer Klamm!



Höllsteig im Höllental, Blick talab. – Welche Talform läßt diese Abbildung erkennen? – Unter welchen Bedingungen entwickelt sie sich?



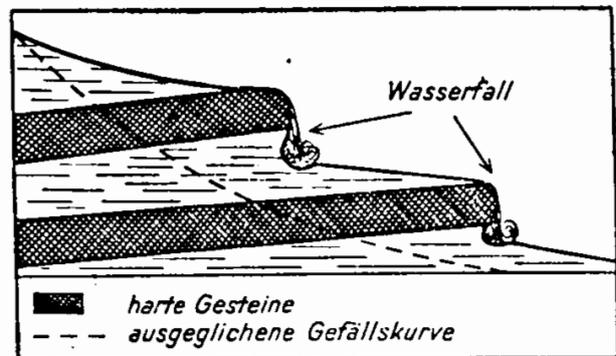
Sohlental der Werra

Bei fortschreitender Hangabtragung verflachen die Talhänge immer mehr und gehen ohne Knick in die Talsohle über. Aus dem Sohlental entwickelt sich das *Muldental*.

- **AUFGABEN:** 1. Stellen Sie die Entwicklungsreihe Klamm - Kerbtal - Sohlental - Muldental in einer Zeichnung der Talquerschnitte dar! - 2. Untersuchen Sie Talzüge Ihrer Umgebung auf ihre Formen!

Besonderheiten der Talentwicklung. Wie die Verwitterung das weiche Gestein rascher zerstört und hartes aus der weicheren Umgebung herauspräpariert, so setzen härtere Gesteinsschichten der Flußerosion größeren Widerstand entgegen als weichere. Harte Gesteinsriegel verzögern die Ausbildung einer ausgeglichenen Gefällskurve und lassen häufig Wasserfälle entstehen. Durch Abschleifen und Unterschneidung der harten Schicht sowie Nachbrechen des Gesteins wird die Kante des Wasserfalls allmählich zurückverlegt. Man bezeichnet diesen Vorgang, der ähnlich an allen Flußstrecken mit stärkerem Gefälle auftritt, als *rückschreitende Erosion*.

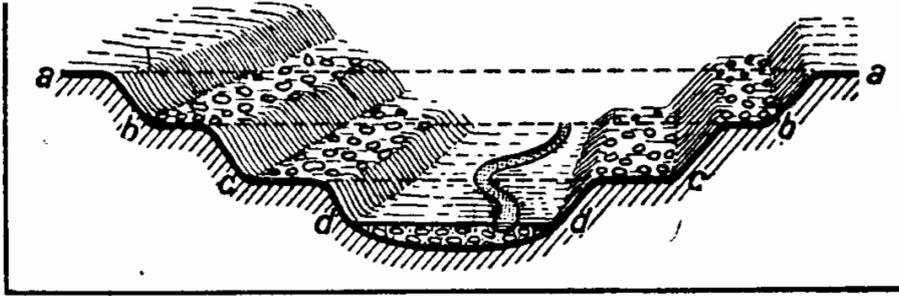
Auch in der Weite des Tales wirkt sich der Wechsel verschieden widerständiger Gesteine aus: Im Bereich widerständigen Gesteins sind die Täler eng und steilwandig; Flußstrecken im weniger widerständigen Gestein zeichnen sich durch flachere Hänge und weite Täler aus.



oben: Der Gesteinswechsel beeinflusst die Gefällskurve des Flusses

unten: Die Niagarafälle. Sie sind ein bekanntes Beispiel für die rückschreitende Erosion. Im amerikanischen Fall (links im Bild) stürzt das Wasser über eine harte Kalkplatte 60 m, im kanadischen Fall (rechts im Bild) 48 m in die Tiefe. Unter dem Kalk lagernde Ton-, Mergel- und Sandsteinschichten werden dabei an der Basis des Falls schnell zerstört, und der Kalk bricht nach. Die Rückverlegung des amerikanischen Falls beträgt mehr als 1 m im Jahr. Der kanadische Fall ist in den Jahren von 1679 bis 1890 um mehr als 300 m zurückgeschritten





Die Entstehung von Talterrassen

In das Niveau *a-a* hatte der Fluß sein durch Seitenerosion verbreitertes Tal eingeschnitten. Auf der Sohle *b-b* lagerte er seine Gerölle ab, weil seine Wasserführung und Fließgeschwindigkeit keine weitere Tiefenerosion zuließen. Infolge der Hebung der Kruste im Bereich des Oberlaufes durch endogene Vorgänge oder auch durch eine klimatisch bedingte stärkere Wasserführung kam es zu einer Wiederbelebung der Tiefenerosion. Der Fluß schnitt bis zum Niveau *c-c* ein. Schließlich erlahmte auch hier die Tiefenerosion, es erfolgte erneute Aufschotterung und Anlage einer breiten Talsohle. Die Reste des alten schotterbedeckten Talbodens *b-b* liegen jetzt als Terrasse an den Hängen über *c-c*. Eine Wiederholung des Vorgangs ließ die Terrasse *c-c* entstehen, die über der heutigen Talsohle *d-d* liegt



Talterrassen im Laternser Tal (Vorarlberg). Der alte Talboden (Kirche) ist von einer jungen Erosionsschlucht zerschnitten. Auf der anderen Talseite haben sich nur schräge Reste dieses Talbodens erhalten. Im Vordergrund links ragt eine etwas höher liegende Terrasse in den Bildausschnitt herein

Eine häufig an Flußläufen zu beobachtende Erscheinung sind *Talterrassen*, die – oft zu mehreren übereinander angeordnet – an den Hängen einzelne Flußstrecken begleiten.

AUFGABEN: 1. Beobachten Sie die Erscheinung der rückschreitenden Erosion an heimatlichen Flußläufen oder Bächen! – 2. Achten Sie auf Miniaturterrassen, die sich aus dem Wechsel von Frühjahrshochwasser und sommerlicher Trockenperiode ergeben! – 3. Warum liegen Siedlungen häufig auf einer Terrasse oberhalb der Flußbaue? Stellen Sie entsprechende Beobachtungen in Ihrer Umgebung an!

Flußtätigkeit und allgemeine Massenbewegungen (Denudation) erzeugen die TÄLERLANDSCHAFT.

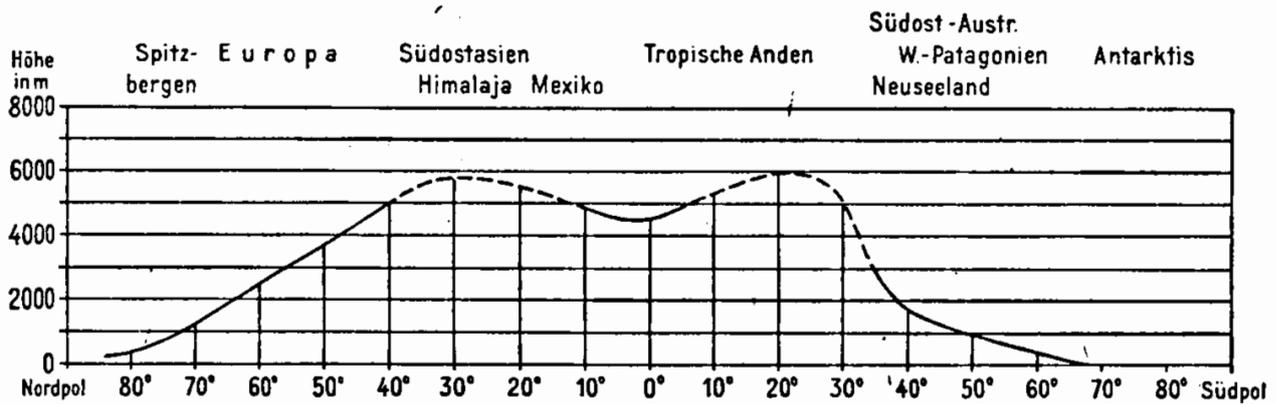
Die Tiefenerosion ist rückschreitend tätig (rückschreitende Erosion).

4. Die vom Eis überformte Landschaft

a) Die Talgletscher

In den höchsten Regionen der Hochgebirge, wo der Niederschlag überwiegend als Schnee fällt, ist die sommerliche Wärmezufuhr nicht groß genug, um allen Schnee wegzuschmelzen. Hier ist der Bereich des sich immer mehr anhäufenden Schnees, der sich deutlich abhebt von jenem tiefer gelegenen Bereich, in dem sich das Jahr über kein Schnee halten kann. Beide werden durch die *Schneegrenze* voneinander getrennt.

Die Höhenlage der Schneegrenze ist vor allem von der Niederschlagshöhe (Schneemenge) und den Temperaturverhältnissen abhängig. Deshalb liegt sie nicht am Äquator am höchsten, sondern in den Trockenklimaten.



Die Höhe der Schneegrenze. Die schematische Darstellung gibt die durchschnittliche Höhenlage der Schneegrenze in den verschiedenen Breiten an. Die Lage der Schneegrenze in den einzelnen Gebirgen ist je nach den Niederschlagsverhältnissen unterschiedlich. So liegt die Schneegrenze am Alpennordrand, der relativ hohe Niederschlagsmengen erhält, etwa bei 2400 m Höhe, während in den niederschlagsärmeren Ötztaler und Walliser Alpen die Schneegrenze in einer Höhe von 3000 bis 3300 m verläuft

AUFGABE: Begründen Sie, warum die Schneegrenze an den Nordhängen der Alpen tiefer liegt als an den Südhängen!

In Vertiefungen und Mulden an den Hängen oberhalb der Schneegrenze sammelt sich der luftdurchsetzte, lockere Schnee in immer dichteren Lagen und verfestigt sich durch häufigen Wechsel von Tauen und Wiedergefrieren sowie durch den Eigendruck zu Firn, schließlich zu körnigem *Firneis*.

Aus der *Firnmulde* quillt das Firneis hangabwärts heraus und wird, häufig mit benachbarten Firnströmen vereinigt, zum *Gletscher*. Das glasig weiße Firneis geht durch den immer stärkeren Druck allmählich in grobkörniges, blau schimmerndes Gletschereis über. Dem Gefälle folgend fließt der Gletscher aus seinem *Nährgebiet* oberhalb der Schneegrenze talab. Nach dem Überschreiten dieser Grenze wird er allmählich durch das sommerliche Abtauen aufgezehrt. Er endet im *Zehrgebiet*, das sich manchmal kilometerweit unterhalb der Schneegrenze ausdehnt, in der *Gletscherzunge*.

Die Arbeit, die der Gletscher bei der Gestaltung der Landoberfläche vollbringt, entspricht der Flußtätigkeit: Auch Gletscher transportieren, erodieren und schütten auf. Während allerdings der Fluß seine Gerölle nur am Grunde zu transportieren vermag und seine Transportkraft mit der Fließgeschwindigkeit wächst, ist der Gletscher hiervon unabhängig.

Alles vom Gletscher bewegte Gesteinsmaterial wird als *Moräne* bezeichnet.

Die *Grundmoräne* ist das in den untersten Schichten des Gletschers transportierte Gesteinsmaterial. Bei der Bewegung über den Talboden werden die Gesteinstrümmen



Gletscherzunge des Mittelbergferners (Ferner = Gletscher) im Ötztal



Waxeggkees (Kees = Gletscher) in den Zillertaler Alpen. Linke Aufnahme 1927, rechte Aufnahme 1949

Bedeutende Talgletscher

	Länge in km	Fläche in km ²	Schneegrenze in m über NN	Gletscherzunge in m über NN
Fedtschenko-Gletscher (NW-Pamir)	72	828	4700	2900
Siachengletscher (Karakorum)	75	1180	5400	3500
Großer Aletsch-Gletscher (Schweiz)	25,5	113	2950	1550
Pasterze (Großglockner-Österreich)	10,2	24,5	2950	2020

Auf dem Territorium beider deutscher Staaten existieren keine Talgletscher. – Seit etwa 100 Jahren sind fast alle Gletscher der Erde in rückläufiger Entwicklung begriffen.

Fließgeschwindigkeit des Gletschereises in m je Jahr

Größere Alpengletscher	40 bis 150
Größere innerasiatische Gletscher	30 bis 175
Roßeis (am Rande Antarktikas)	440
Oberer Rakiotgletscher (nördlich vom Nanga Parbat)	800
Große Ausläufer des grönländischen Inlandeises	bis 6000

mehr und mehr gerundet, die größeren auch mit Schrammen versehen. Sie werden als *gekritzte Geschiebe* bezeichnet.

Die *Seitenmoräne* bildet sich aus dem von den Talflanken auf den Gletscher fallenden Schutt und dem randlich austauenden Gesteinsmaterial.

Die *Endmoräne* (oder Stirnmoräne) legt sich wie ein Wall um die Gletscherzunge. Sie entsteht bei längerer Stillstandslage der Gletscherzunge durch das Austauen des fortlaufend nachgeführten Gesteinsmaterials.

Während des Eiszeitalters waren die Alpen bis ins Vorland hinaus vergletschert. Auch einzelne unserer Mittelgebirge trugen kleinere Gletscher. Heute können die in den damals eisüberdeckten Gebieten erzeugten Formen gut beobachtet werden.

Aus der ursprünglichen Firnmulde wurde das *Kar*, in dem manchmal heute noch ein Firnleck, häufig ein kleiner See, liegt.

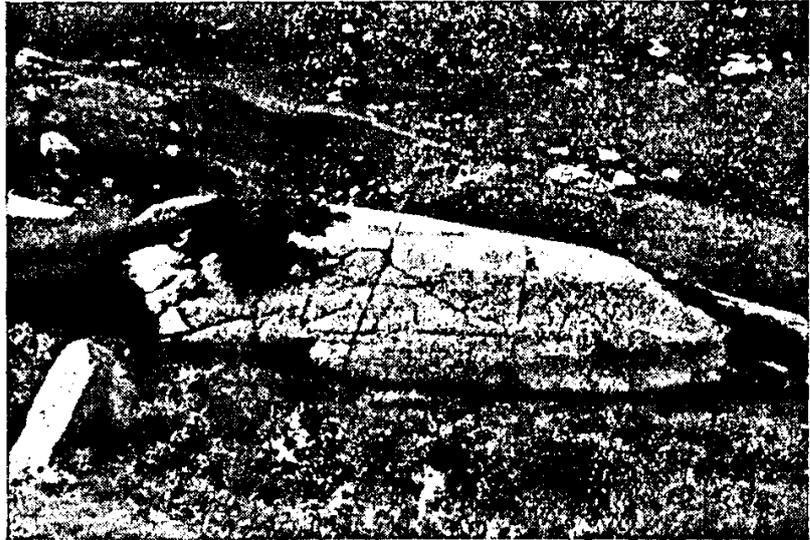
Frostverwitterung und Massenbewegungen erweitern das Kar nach rückwärts und schaffen immer wieder steile, zerrissene Formen, jäh aufragende Felspyramiden und zackige Grate, vor allem, wenn Kare dicht beieinanderliegen.

Die ausschürfende (erodierende) Tätigkeit des Gletschers wird besonders deutlich an der Umgestaltung der Täler, durch die er sich bewegte. Kerbtäler mit V-förmigem



Meerauge in der Hohen Tatra. Die Meeraugen der Hohen Tatra sind Karseen. – Wie erklären Sie das Vorkommen von Karen in diesem Gebirge?

Rundhöcker



Querschnitt wurden nach der Tiefe und nach der Seite erweitert zu *Trogtälern* mit U-förmigem Querschnitt.

Die Umwandlung von Kerb- zu Trogtälern erklärt sich aus der ausschürfenden Tätigkeit der Gletscher.

Im Talboden wurde der felsige Untergrund abgeschliffen und häufig mit *Gletscherschrammen* versehen. Die mit Moränenschutt gespickte Sohle des Gletschers hobelte die weniger widerständigen Gesteinspartien zu *Wannen* aus. Widerständige Felsbuckel im Talboden wurden zu *Rundhöckern* geformt, die im Luv des Eisstromes sanft ansteigen, im Lee steiler abfallen.

Wo die großen Alpengletscher des Eiszeitalters im nördlichen Vorland abschmolzen, breiten sich heute mächtige Schotterdecken aus. Die die damaligen Gletscherzungen umrahmenden *Endmoränenwälle* sind zum Teil noch gut erhalten. Innerhalb dieses



Trogtal. – Zeichnen Sie nach dieser Abbildung eine Profilskizze eines Trogtales!

Rahmens, im Zungenbecken, liegen heute häufig Seen (Bodensee, Chiemsee, Ammersee, Starnberger See) und Moore.

AUFGABEN: 1. Verfolgen Sie auf der Atlaskarte „Mitteleuropa, Geologie“ die Ausdehnung der eiszeitlichen Vergletscherung in den Alpen nach Norden und Süden! Beschreiben Sie den Verlauf der Grenze der äußersten Vereisung! – 2. Welche größeren Seen liegen in Zungenbecken am Südrand der Alpen? Benutzen Sie die Atlaskarten „Mitteleuropa, Geologie“ und „Alpenländer“! – 3. Warum sind die eiszeitlichen Alpengletscher am Südrand des Gebirges weniger weit ins Vorland gedungen als am Nordrand? – 4. Charakterisieren Sie das Nährgebiet und das Zehrgebiet eines Gletschers! – 5. Welche Bedeutung haben die Gletscher für den Wasserhaushalt? Gehen Sie besonders ein auf die Wasserführung der Flüsse! a) Begründen Sie in diesem Zusammenhang, weshalb Rhein, Donau und Rhône während des ganzen Jahres schiffbar sind, während bei Elbe und Oder häufig Niedrigwasser die Schifffahrt behindert! b) Erläutern Sie die Bedeutung der Hochgebirgsgletscher für die Gewässer und die Landwirtschaft der mittelasiatischen Unionsrepubliken!

b) *Das vom Inlandeis geformte Norddeutsche Tiefland*

Riesige Gletscher, die sich zu einer über 2000 m mächtigen Inlandeismasse vereinten, überfluteten während des Eiszeitalters mehrmals Nordeuropa und Teile Mitteleuropas. Ihr Nährgebiet lag in Skandinavien und Finnland, ihr Zehrgebiet war das nord- und mitteleuropäische Tiefland.

Auch das nördliche Nordamerika wurde zu dieser Zeit vom Eis überflossen.

AUFGABEN: 1. Verfolgen Sie auf der Atlaskarte „Mitteleuropa, Geologie“ die äußerste Grenze des nördlichen Eisvorstoßes in Mitteleuropa sowie die Grenze der letzten Vereisung! – 2. Bezeichnen Sie die Linie, über die das Eis in Mitteleuropa nicht vordrang, genauer! – 3. Wo lagern heute noch größere Inlandeismassen? – 4. Stellen Sie in einer Tabelle die wichtigsten Zerstörungs- und Abtragungsformen im skandinavischen Raum zusammen, die das Eis schuf! – 5. Begründen Sie, weshalb die abschürfende Tätigkeit des eiszeitlichen Gletschereises in Skandinavien und Kanada zum Teil heute noch eine landwirtschaftliche Nutzung bestimmter Gebiete verhindert!

Im Zehrgebiet der nordischen Vereisung, zu dem auch das Tiefland im Norden unserer Republik gehört, sind Aufschüttungsformen vorherrschend (vergleiche Abbildung auf Seite 125).

Die vorwiegend flache Landschaft der ehemaligen Grundmoräne wird nach dem Eisrand zu allmählich unruhiger, sie geht in die *kuppige Grundmoränenlandschaft* über. Hier, nahe am damaligen Eisrand, wirkten sich die Schmelzwässer sowie das zeitweilige Vorstoßen und Zurückweichen des Eisrandes bereits aus. Deutlich er-



Kuppige Grundmoränenlandschaft bei Schwedt/Oder

kennen wir dann die Wälle der *Endmoränenzüge*. Wo der teils vorspringende, teils eingebuchtete Eisrand längere Zeit verharrte, hinterließ er nach dem Abschmelzen diese girlandenartig geschwungenen Endmoränenwälle. Häufig hat das vorstoßende Eis an seiner Stirn den lockeren Untergrund zu *Stauchmoränen* aufgestaucht.

Grund- und Endmoräne zeugen von der gewaltigen Transportkraft des Eises: Mächtige skandinavische Gesteinsblöcke, grobe und kleinere Gerölle, Feuersteine aus Kalkgebieten sind überall im Norddeutschen Tiefland als sogenannte *Geschiebe* zu finden.

Aus der Endmoräne wurde durch die Schmelzwasser das feine Material herausgespült und vor der Moräne als *Sander* ausgebreitet. Teils mehr, teils weniger breit begleiten diese Sanderflächen den äußeren Rand der Endmoränenzüge.

Über die Sanderflächen flossen die Schmelzwässer ab und vereinigten sich schließlich zu größeren Wasserläufen, den *Urströmen*. Mit nur geringem Gefälle flossen diese nach Westen und Nordwesten in breiten *Urstromtälern* der Nordsee zu, deren Küste damals erheblich weiter nördlich lag.

Zu den Besonderheiten der in der glazialen Serie (siehe Bildunterschrift auf Seite 125) zusammengefaßten Landschaftsformen zählen die vielen Seen. Das in Vertiefungen der Grundmoränenlandschaft sich sammelnde Wasser bildete unregelmäßig geformte, zerlappte, meist sehr flache *Grundmoränenseen*. Viele von ihnen sind bereits verlandet oder in Verlandung begriffen.



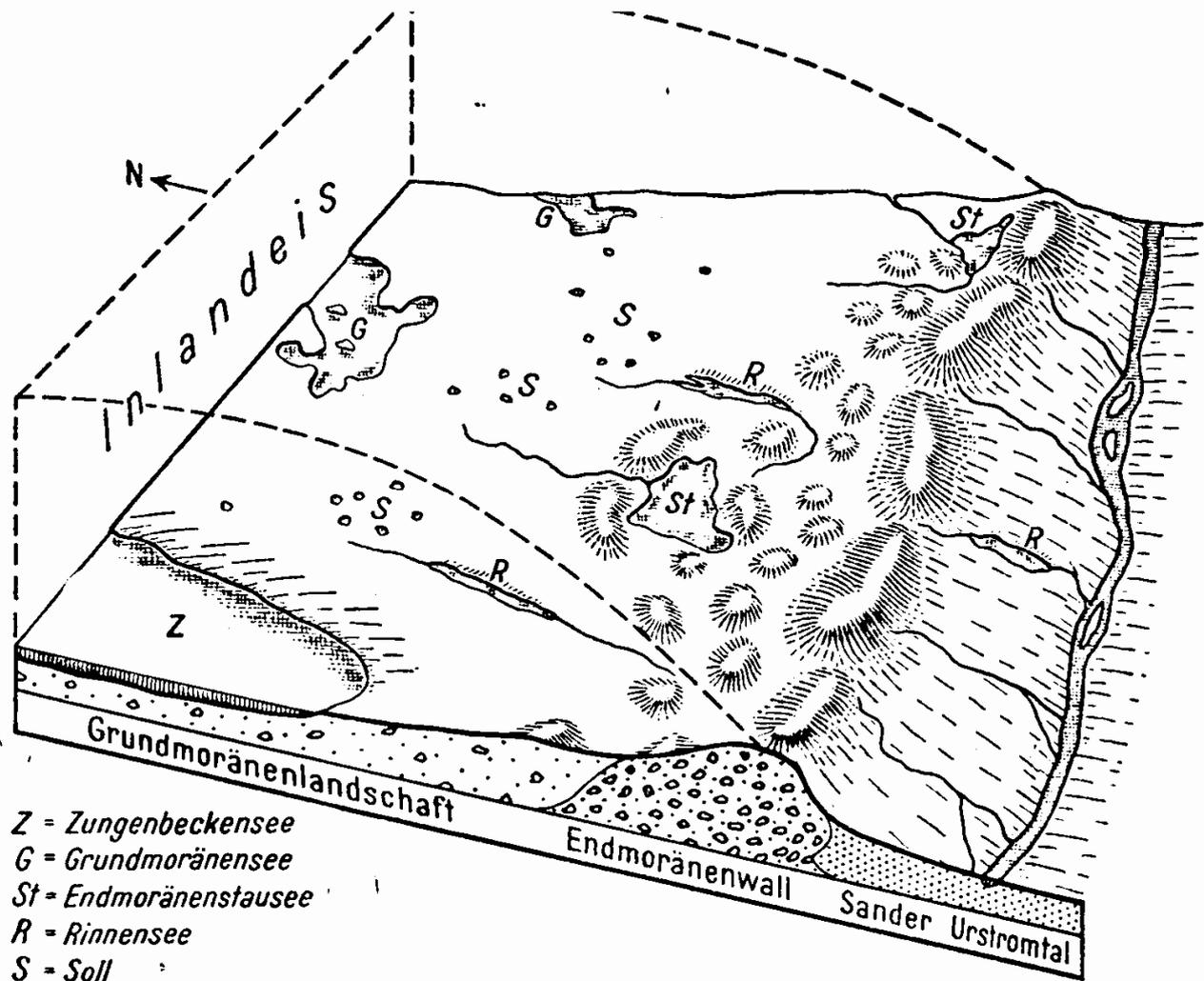
Soll bei Malchin. - Die Entstehung eines Solls läßt sich an folgendem Versuch demonstrieren: Lassen Sie in einem sandgefüllten Eimer ein faustgroßes Stück Eis, das Sie einige Zentimeter unter die Sandoberfläche gelegt haben, tauen. Welche Veränderung tritt mit der Sandoberfläche ein?



Die Müritz bei Röbel ist ein endmoränenumgürteter *Zungenbeckensee* (vergleiche Seite 121). Weitere Zungenbeckenseen sind der Plauer See, der Malchiner und der Schweriner See



Luftaufnahme eines Rinnen-sees. - Die Entstehung der Rinnen-seen wird folgendermaßen erklärt: Schmelzwasser am Grunde von Spalten im Eis spülten Rinnen aus, in die Eis stürzte, das von Kies und Sanden überdeckt wurde. Beim Rückzug des Inlandeises blieb dieses begrabene Toteis zunächst erhalten und schmolz erst allmählich aus. Als die Bedeckung aus Kies und Sand nachsackte, entstanden langgestreckte Rinnen, die heute zum Teil von Seen ausgefüllt sind



Die Zeichnung läßt die Entstehung einiger typischer Landschaftsformen Norddeutschlands erkennen. Sie sind seit dem Ende des Eiszeitalters (vor etwa 18000 bis 20000 Jahren wurde Norddeutschland vollkommen eisfrei) von den exogenen Kräften schon stark überarbeitet worden. Dennoch ist häufig eine deutlich erkennbare, regelhafte Aufeinanderfolge bestimmter Formengruppen anzutreffen, die als *glaziale Serie* (lat. *glacies* Eis) bezeichnet wird

AUFGABEN: 1. Verfolgen Sie auf der Atlaskarte „Mittleuropa, Geologie“ den Verlauf der Urstromtäler! – 2. Beschreiben Sie nach dieser Karte, wo Flußstrecken von Weichsel, Oder und Elbe den Urstromtälern folgen! – 3. Welche Geschiebe sind Ihnen bei der Arbeit auf dem Acker einer LPG oder eines VEG begegnet? Legen Sie eine Sammlung an!

Lehmige und mergelige Böden, häufig durchsetzt mit Ton und Sand, sind charakteristisch für die Grundmoränenlandschaft. Wegen der in ihnen enthaltenen zahllosen Geschiebe spricht man von Geschiebelehm (-mergel), der gute Voraussetzungen für den Ackerbau bietet. Die Endmoränenzüge mit ihrem gehäuft groben Material

werden in der Hauptsache forstwirtschaftlich genutzt, während die weiten Sanderflächen, die früher nur dürftigen Kiefernwald trugen, mehr und mehr auch in die landwirtschaftliche Nutzung einbezogen werden. – Die vielfach versumpften Niederungen der Urstromtäler oder verlandeter Seebecken dienen der Grasgewinnung oder als Viehweide. Durch Trockenlegung wird auch hier neues Grünland gewonnen.

AUFGABEN: 1. Nennen Sie typische Landschaftsformen des Norddeutschen Tieflands, und weisen Sie an ihrer Entstehung nach, daß sie eine Hinterlassenschaft der Eiszeiten sind! – 2. Wo sind in Ihrem Heimatkreis Sumpfniederungen? Wie werden sie genutzt? Welche Maßnahmen zu ihrer Trockenlegung wurden oder werden durchgeführt?

Große Teile der Nordkontinente sind von den Gletschern des Eiszeitalters überformt worden. In der glazialen Serie werden die Formen zusammengefaßt, die das Inlandeis nach dem Abtauen in seinem Zehrgebiet hinterließ.

5. Die Tätigkeit des Windes

In fast allen Klimabereichen wird die Einebnung der vorhandenen Reliefunterschiede durch den Wind unterstützt, naturgemäß am stärksten dort, wo keine schützende Vegetationsdecke vorhanden ist oder es an Bodenfeuchtigkeit fehlt.



Der Kelchstein bei Oybin. Bei trockenem Klima und fehlender Vegetationsdecke wurde der Felsfuß durch Korrasion ausgeschliffen, weichere Partien des Gesteins wurden als Löcher oder Nischen ausgearbeitet. Die Stelle des stärksten Windschliffs folgte der allgemeinen Landerniedrigung (Abtragung) und rückte allmählich immer tiefer

Windkanter

Solche Räume sind die Wüsten der Trockengebiete, die Steppen mit ausgeprägter Trockenzeit und die sandigen, flachen Meeresküsten. Im feuchten Klimabereich bieten ihm ausgedehnte frisch gepflügte Ackerflächen Angriffsmöglichkeiten.

Auch bei der Tätigkeit des Windes muß zwischen Transportleistung, Abtrags- und Aufbauformen unterschieden werden.



a) Die *Transportkraft des Windes* ist – wie bei den Flüssen – von der Geschwindigkeit abhängig. Staub und Feinsand werden schon bei geringer Windgeschwindigkeit aufgenommen. Sandkörner von 1 mm Durchmesser erfordern bereits Windstärke 6 (10,8 bis 13,8 m/s). Saharastaub wird über Tausende von Kilometern bis zur Mitte des Atlantik getragen, zuweilen auch nach Mittel- und Westeuropa.

b) Indem der Wind Staub und Sand fortführt, wirkt er abtragend. Dieser Vorgang, der als *Deflation* (lat. *deflare* wegblasen) bezeichnet wird, beseitigt zum Beispiel in großen Teilen der Sahara alles feine Material. Es entsteht die unzugängliche Stein- oder Schuttwüste (Hamada). Im südlichen Mittelwesten der USA (Great Plains) wirkt auf den riesigen Ackerflächen die Deflation stärker als die Bodenerosion: Die Ackerkrume wird bis zu Dezimeterstärke abgeweht, und an anderen Stellen werden Farmen unter Staub- und Sandmassen begraben.

AUFGABEN: 1. Inwiefern wirkt der Zwischenfruchtanbau der Deflation entgegen? – 2. Wie begegnet die sowjetische Landwirtschaft der Abwehung der fruchtbaren Bodenkrume in den Steppengebieten? (Denken Sie an die „Schwarzen Stürme“ der Ukraine!)

Der am Boden oder dicht über dem Boden mit größerer Geschwindigkeit transportierte Sand wirkt auf festes Gestein wie ein Sandstrahlgebläse. Er schleift es ab, poliert und glättet es. Dieses als *Korrasion* (lat. *corrādere* abschleifen, ausnagen) bezeichnete Abschleifen formt einzelnstehende Felsen zu *Pilzfelsen*; Gerölle werden ein- oder mehrseitig angeschliffen. Derartige *Windkanter* sind nicht nur in Wüsten zu finden, sondern zuweilen auch in den eiszeitlichen Sandergebieten Mitteleuropas anzutreffen.

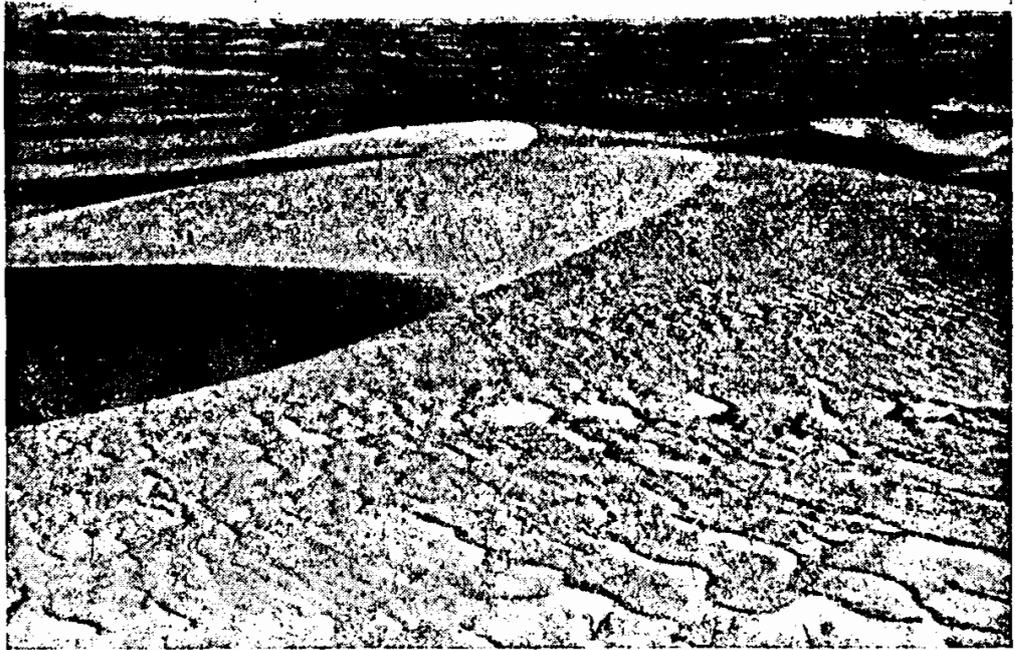
c) Aufbauend wirkt der Wind dort, wo er das transportierte Material ablagert. In den großen Sandwüsten der Erde (Libysche Wüste, Namib, Taklamakan im Tarimbecken, Thar, Gobi) wird der Sand oft zu 100 bis 200 m hohen *Binnendünen* aufgeweht. *Stranddünen* sind typisch für sandige Meeresküsten. Wenn sie nicht durch Bepflanzen mit Strandgräsern, später eventuell mit Kiefern befestigt werden,



Wanderdüne
fällt in den
Wald ein



Dünengelände auf dem Talsand des Berliner Urstromtals bei Brandenburg



Sicheldüne in Peru. Die Sichelform ist darauf zurückzuführen, daß die weniger hohen Flanken der Düne vom Wind rascher bewegt werden als die kompakte Mitte. – Von wo kommt also auf der Abbildung der Wind?

treibt sie der Wind als *Wanderdünen* landeinwärts. Waldstreifen und sogar ganze Ortschaften werden von ihnen überwandert, deren Reste nach Jahren auf der Luvseite wieder auftauchen. Binnendünen im Bereich der eiszeitlichen Sanderflächen und der von Talsanden erfüllten Teile der Urstromtäler sind an ihrem schütterten Bewuchs kenntlich.

AUFGABEN: 1. Welche Maßnahmen zur Befestigung der Dünen wurden und werden an der Ostseeküste der Deutschen Demokratischen Republik getroffen? – 2. Beobachten Sie, wie auch im Lee kleinster Hindernisse die Transportkraft des Windes erlischt und akkumuliert wird!

d) Von großer wirtschaftlicher Bedeutung sind die durch den Wind als *Löß* zusammengewehten gelblichen, mehlfeinen Staubmengen. Löß besteht aus winzigen kalküberkleideten Quarz- und Feldspatsplitterchen. Im feuchten Klima wird er zu braunem Lehm umgebildet. Im halbtrockenen Steppenklima dagegen entsteht aus ihm bei Anreicherung mit Humusstoffen *Schwarzerde*. Die Schwarzerdeböden Mitteleuropas müssen also unter Klimabedingungen entstanden sein, die von den heutigen abweichen.

Die außerordentliche Fruchtbarkeit des Lößes beruht auf seinem hohen Gehalt an Kalk und Nährsalzen sowie seiner Porosität. *Eiszeitlöß* wurde aus den kahlen Sanderflächen und den Schotterfluren vor dem Eisrand ausgeweht. Im Bereich der

damaligen Grassteppe mit Tundravegetation vor dem Mittelgebirgsrand und in den Tälern der Mittelgebirge wurde er teils mehr, teils weniger mächtig abgelagert. Am Kaiserstuhl im Oberrheingraben wird eine Mächtigkeit von 40 m erreicht; meist ist sie aber wesentlich geringer. Ein Löß- beziehungsweise Schwarzerdegürtel zieht sich von Nordfrankreich und Belgien, am Mittelgebirgsrand der beiden deutschen Staaten entlang, bis in die südliche Sowjetunion.

Auch die vor dem Vereisungsgebiet Nordamerikas liegenden Ackerbaugelände tragen eine solche Lößdecke.

Anderer Herkunft ist der *Wüstenlöß* in Nordchina, dem größten Lößgebiet der Erde. Aus den kahlen Regionen Innerasiens (Gobi) wehende Winterstürme trugen ihn hinaus in die Randgebiete, wo eine zum Teil bis zu 100 m mächtige Lößdecke das ursprüngliche Relief der Landschaft verhüllt. Der Mittellauf des Hwangho durchschneidet ein riesiges zusammenhängendes Lößgebiet. Lößdecken liegen im östlichen Teil der Kunlunkette bis in 3500 m Höhe. Durch die Flüsse herangeführter und abgelagerter *Schwemmlöß* überkleidet die nordchinesische Tiefebene.



Lößlandschaft in China mit künstlicher Terrassierung



werden (Brandungsgerölle). Sie sind das Werkzeug, mit dem die Brandung das Kliff und die Brandungsplatte angreift. Der Vorgang selbst wird als *Abrasion* (lat. *abrādere* abschaben) bezeichnet.

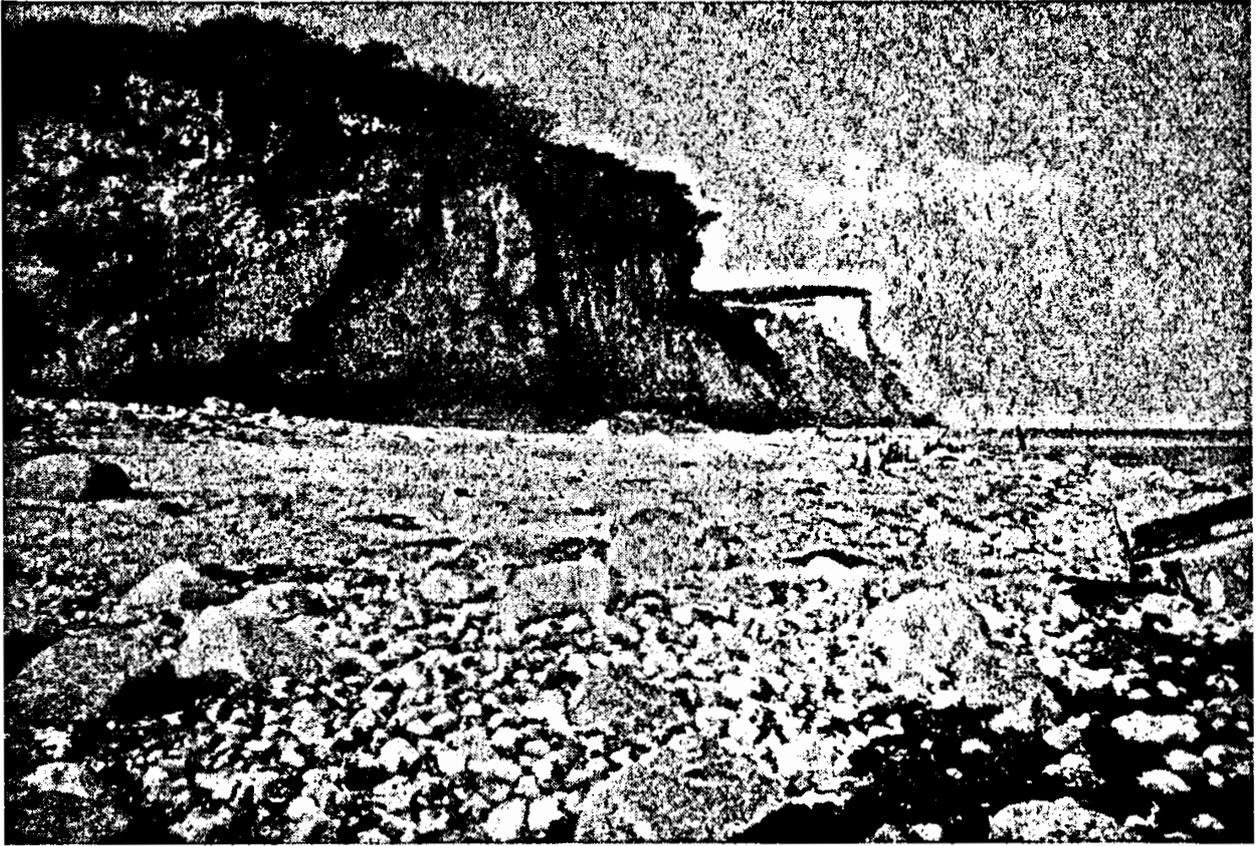
Das Ergebnis der Abrasion ist die Rückverlegung der Küste, ein beständiger Landverlust. Er kann zwischen 1 m und 10 m im Jahr betragen, je nach der Gesteinsbeschaffenheit und der Häufigkeit von Sturmfluten. (Auf Sylt sind Landverluste bis zu 9 m im Jahr beobachtet worden.) Rasch zerstört werden Steilküsten aus lehmigem, tonigem oder mergeligem Material (Rügen, Hiddensee, Usedom). An Stelle des Blockstrandes findet man hier häufig einen mit Geröllen durchsetzten Sandstrand.

AUFGABEN: 1. Beschreiben Sie, wie bei der Rückverlegung des Kliffs Abrasion, Erosion und Denudation Hand in Hand arbeiten! - 2. Welche Maßnahmen werden zum Schutz der Küste vor Brandungsschäden ergriffen? Welche eigenen Beobachtungen haben Sie an der Küste gemacht?

oben: Brandungshohlkehle auf Helgoland
 unten: Schutzmauer und Buhnen auf Hiddensee

Seite 133 oben: Geschiebemergelkliff (links) und Blockstrand an der Südküste von Rügen

Seite 133 unten: Strandterrassen in Schottland



Die Rückverlegung des Kliffs erlischt, sobald auch die stärkste Sturmflut nicht mehr den Kliffuß erreicht, der Block- oder Sandstrand also zu breit geworden ist. Dort aber, wo infolge endogener Vorgänge die Erdkruste sinkt, dringt das Meer ständig weiter über die Abrasionsplatte vor, es *transgrediert* (lat. *transgréssio* das Hinüberschreiten) und setzt das Zerstörungswerk fort. Bei sich hebender Kruste – wie zum Beispiel an Teilen der skandinavischen Küste – kommt es im Gegensatz zur Transgression zu einem Zurückweichen des Meeres, zur *Regression* (lat. *regréssio* das Rückschreiten). Alte Strandlinien liegen in Norwegen heute zum Beispiel 300 m über dem Meeresspiegel. Manchmal sind Reste des alten gehobenen Strandes als breite Strandterrassen erhalten.

Die Zerstörung der Steilküsten durch Abbau und Rückverlegung des Kliffs wird durch die Brandung verursacht.

b) Die Arbeit des Meeres an der Flachküste

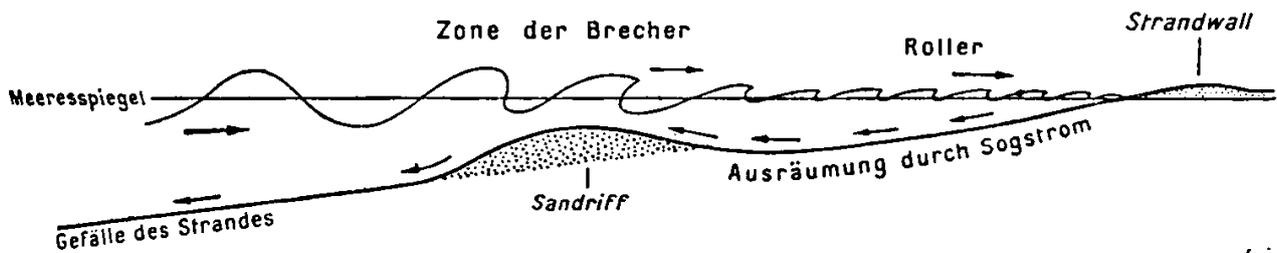
An der westdeutschen Nordseeküste mit dem stetigen Wechsel von Ebbe und Flut zeigen die Friesischen Inseln besonders auffällige Zerstörungsformen. Unablässig sind sie dem Ansturm des Meeres ausgesetzt. Eine gewaltige Sturmflut zerriß (wahrscheinlich um das Jahr 1360) eine damals noch vorhandene größere Insel und ließ von ihr nur Reste übrig, die heutigen Inseln Borkum, Juist und Norderney.

Die zerstörende Kraft des in die großen Flußmündungen eindringenden Flutstromes und des mit der Ebbe ablaufenden Sogstromes erweitert die Flußmündungen zu weit geöffneten *Trichtermündungen*.

<i>Länge der Trichtermündungen</i>	
Weser .. 67 km	St.-Lorenz-Strom 360 km
Elbe ... 145 km	Amazonas 700 km
Die Länge der jeweiligen Trichtermündung läßt erkennen, wie weit der Gezeitenstrom zerstörend wirkt.	

Aufbauend wirkt der Flutstrom dagegen im Bereich des Wattenmeeres. Dort wird durch Ablagerung von Schlick und Sand der Wattboden dauernd erhöht, besonders dann, wenn der Mensch unterstützend eingreift.

AUFGABEN: 1. Berichten Sie, wie durch Eindeichung (Polder, Köge) an der Nordseeküste dem Meer Neuland abgerungen wird! – 2. Verfolgen Sie auf der Atlaskarte „Westdeutschland, nördlicher Teil“ den Küstenverlauf an der Nordseeküste, und erläutern Sie seine Besonderheiten! Achten Sie auf die Darstellung des Wattenmeeres in der Karte! – 3. Stellen Sie nach Atlas-karten eine Liste besonders deutlich ausgeprägter Trichtermündungen zusammen!



Bildung von Strandwall und Sandriff

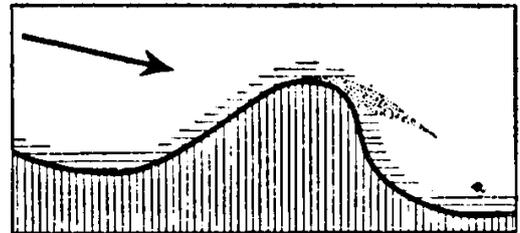
Im Bereich der Flachküsten der südlichen Ostsee, wo die Gezeitenwirkung praktisch keine Rolle spielt, findet im wesentlichen eine Materialumlagerung statt, ein immerwährender Sandtransport, hervorgerufen durch die Brandungswellen und küstennahe Driftströmungen.

Die in den *Brechern* umschlagende Welle erodiert vermöge ihrer Wucht und wirbelt im Seichtwasserbereich des Ufers das Lockermaterial auf. Die auf den Strand auflaufenden *Roller* ergreifen dieses Material, transportieren es strandaufwärts und bauen daraus den *Strandwall* auf. Ein Teil des feineren Sandmaterials wird durch den Sog der ablaufenden Welle wieder meerwärts verfrachtet.

AUFGABEN: 1. Begründen Sie, weshalb im Auslaufbereich der Welle zuerst das kiesige und dann das feinsandige Material fallengelassen wird! – 2. Erklären Sie, weshalb beim Zusammentreffen des Sogstroms mit der nächsten Brandungswelle unter Wasser ein *Sandriff* aufgebaut wird (beachten Sie die obenstehende Abbildung)!

In hohem Maße küstengestaltend wirkt sich der Sandtransport bei der *Strandversetzung* aus.

Sandhakenbildung. – Erklären Sie mit Hilfe dieser Abbildung, wie die vorherrschende Windrichtung (Pfeil) und die dadurch hervorgerufene Driftströmung zur Ausbildung von Sandhaken an Küstenvorsprüngen führen!



Wächst der Sandhaken immer mehr, bis er eine Bucht teilweise oder ganz vom Meer abschnürt, dann hat er sich zur *Nehrung* entwickelt. Bleibt ein enger Durchlaß zum Meer bestehen, dann liegt hinter der Nehrung ein *Haff*. Bei völliger Abschnürung wird das Haff zum *Strandsee*, der im Laufe der Zeit aussüßt und verlandet. Allmählich werden alle Einbuchtungen und Vorsprünge im Verlauf der Küste beseitigt; sie wird zur *Ausgleichsküste*.

Auch an der Nordseeküste spielt die Küsten- oder Strandversetzung eine große Rolle. Sie bewirkt durch Abbau im Westen und Ablagerung im Osten eine Lageverschiebung ganzer Inseln. In 350 Jahren ist Spiekeroog um 4 km, Wangerooge um 3,5 km nach Osten gewandert.

AUFGABEN: 1. Wo sind auf der Atlaskarte „Volksrepublik Polen und Tschechoslowakische Sozialistische Republik“ Hakenbildung, Nehrung, Haff und Strandseen zu finden? – 2. Erklären Sie den Begriff Ausgleichsküste! – 3. Inwiefern wirken Buhnen der Strandversetzung entgegen?

Die Erweiterung größerer Flußmündungen zu Trichtermündungen erklärt sich aus der Wirkung des Gezeitenstromes.

Die Strandversetzung erzeugt durch Fortführen von Sand an Küstenvorsprüngen und Ablagerung von Sand vor Buchten die Ausgleichsküste.

IV. Die Sedimentation und die Sedimentgesteine

AUFGABE: Erläutern Sie an Beispielen, wie magmatische Gesteine entstehen!

Das durch die Verwitterung und die anderen exogenen Kräfte zerstörte Gesteinsmaterial wird auf die verschiedenste Weise transportiert und schließlich als *Sediment* (lat. *sedimentum* Bodensatz) abgelagert. Schicht um Schicht werden Sedimente im Verlauf langer Zeiträume auf dem Festland als *terrestrische* Sedimente (lat. *térra* Erde) oder im Meer als *marine* Sedimente (lat. *marinus* dem Meere angehörig) aufgehäuft. Verfestigen sich diese Sedimente, so entstehen *Sedimentgesteine* (auch Absatzgesteine oder Schichtgesteine genannt).

1. Die mechanischen Sedimente

Alle Ablagerungen aus mechanisch (durch physikalische Verwitterung) erzeugten Gesteinstrümmern bilden die Gruppe der *mechanischen Sedimente* (oder Trümmergesteine).

Lockere mechanische Sedimente sind, nach der Korngröße gruppiert: Blöcke, Gerölle, grobe bis feinste Kiese und Sande sowie Löß, Lehm und Ton.



Konglomerat (lat. *conglomeráre* zusammenhäufen); verfestigte, abgerundete Fluß- oder Strandgerölle



Brekzie (ital. *breccia* Trümmer); miteinander verkittete eckige Gesteinstrümmer

Sobald die lockeren Gesteinstrümmer durch Druck, Verdrängung der Porenfeuchtigkeit und Hinzutritt eines Bindemittels fest miteinander verkittet werden, entsteht aus ihnen ein festes Sedimentgestein. Das Bindemittel ist entweder tonig, eisenhaltig, kalkig oder kieselig.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie, warum in Trockengebieten Brekzien und nicht Konglomerate vorherrschen! – 2. Sammeln Sie auf Exkursionen Handstücke von Schichtgesteinen, die eine deutliche Schichtung zeigen!

Ton wird verfestigt zu Schiefer-ton, Sand zu Sandstein. Gesteine aus Ton und Sand (locker und verfestigt) machen allein etwa 90 Prozent aller Sedimentgesteine aus.

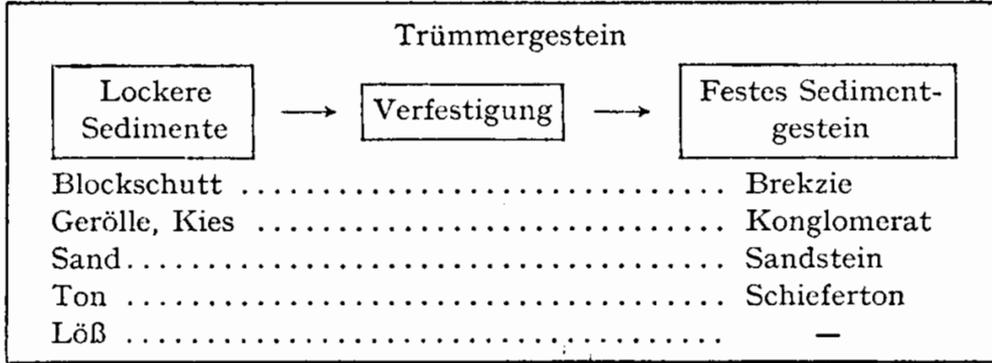
Aus Sandstein ist zum Beispiel das Elbsandsteingebirge aufgebaut. Als lockeres Sediment häufte sich am Grunde eines vor Jahrmillionen dort vorhandenen flachen Meeresteiles Sandschicht auf Sand-schicht, teils grob, teils feiner, bald mehr, bald weniger mit tonigen oder mergeligen Bestandteilen durchsetzt. In der nachfolgenden geologischen Epoche der Erdgeschichte wurden die inzwischen verfestigten marinen Sedimente durch endogene Kräfte emporgehoben. Als der Gesteinskörper aus dem Meer auftauchte, begannen Flußerosion und Verwitterung mit ihrem Zerstörungswerk. Sie schufen die für dieses Gebirge charakteristischen Formen.



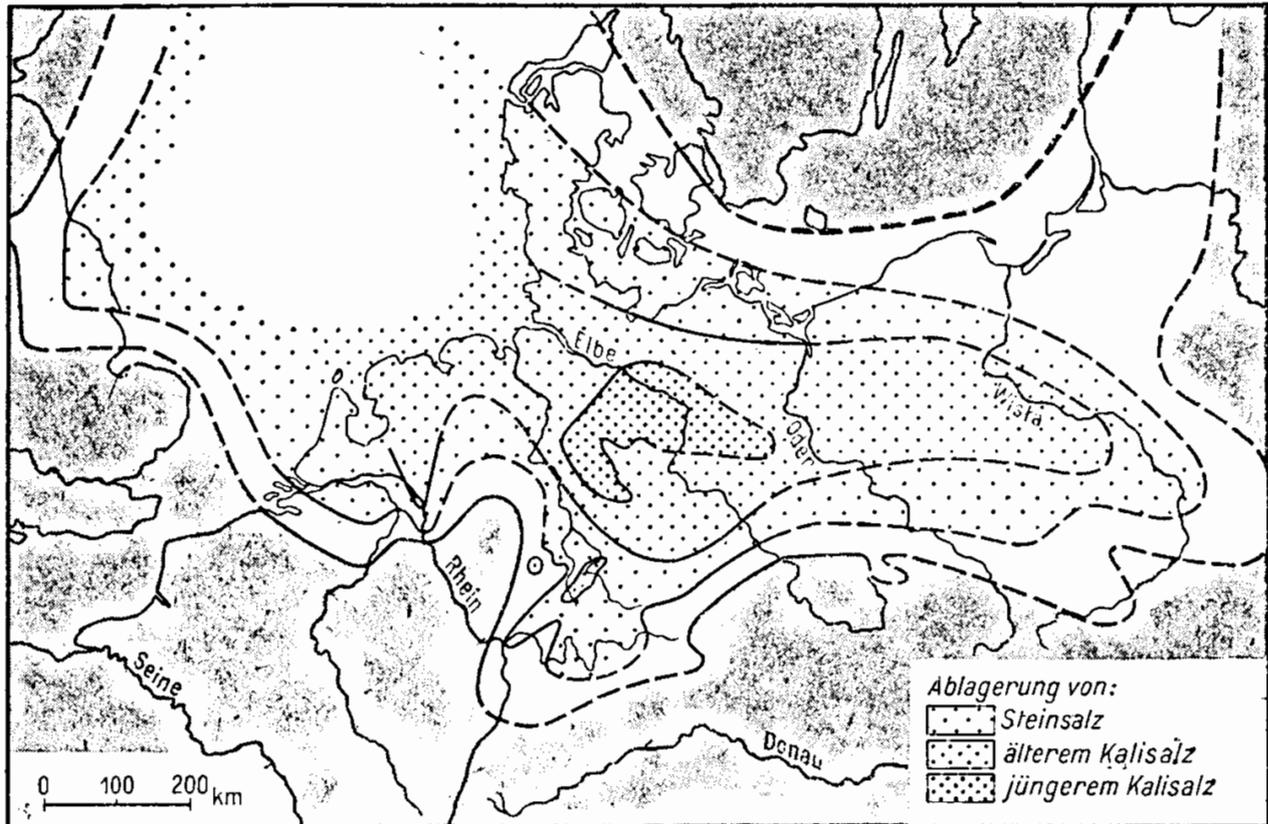
Elbsandsteingebirge. Die Abbildung läßt noch deutlich die horizontal abgesetzten, seitdem ungestört lagernden Schichten erkennen. – 1. Erklären Sie aus der Gesteinsbeschaffenheit die schroff aufragenden Wände! – 2. Wie erklären Sie sich die Entstehung der waagerechten Fugen und Rillen im Gesteinskörper?

Die Nutzung der mechanischen Sedimente

Geschiebelehm (-mergel) und Lößflächen werden landwirtschaftlich genutzt (vergleiche Seiten 125 und 129). Sand und Kies sind von Bedeutung für die Bauindustrie (Betonkies). Besonders reine Sande (99% Quarz) dienen der Glasherstellung (Glas-sande der Lausitz). Ton und Lehm werden in Ziegeleien verarbeitet, reinere Tone in der keramischen Industrie. Verfestigte Sandsteine mit feinem Korn werden als Bildhauermaterial und Schmucksteine verwendet.

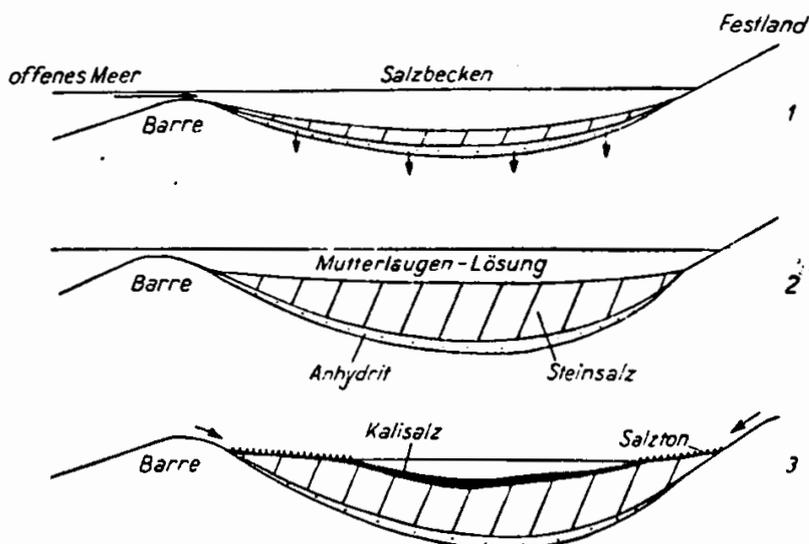


Mechanische Sedimente (Trümmergesteine) treten locker oder verfestigt überwiegend als Tongestein oder Sandstein auf.



Vermutliche Ausbreitung des Zechsteinmeeres

Schematische Darstellung der Entstehung eines Salzlagers. – Erläutern Sie an Hand der Abbildung und Ihrer Kenntnisse aus dem Chemieunterricht der 8. Klasse die Entstehung der mitteleuropäischen Salzlagerstätten!



2. Die chemischen Sedimente

Eine zweite Gruppe der Sedimentgesteine sind die *chemischen Sedimente*. Es sind Gesteine, die durch unmittelbare Ausfällung aus dem Wasser entstehen. Zu ihnen gehören in erster Linie die *Salzgesteine*. Was im kleinen bei der Gewinnung von Seesalz geschieht (vergleiche Seite 65), hat sich im großen bei der Entstehung der Salzlagerstätten in der als Zechstein bezeichneten Abteilung der Erdgeschichte abgespielt.

AUFGABEN: 1. Stellen Sie in einer Tabelle die wichtigsten Salze zusammen und geben Sie jeweils deren wirtschaftliche Verwendung an! – 2. Bezeichnen Sie die in der Atlaskarte „Deutsche Demokratische Republik und Westdeutschland, Bergbau und Industrie“ eingetragenen Kalilagerstätten der Deutschen Demokratischen Republik und Westdeutschlands! – 3. Welche Perspektiven sind dem Kalibergbau im Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands gesetzt?

Noch vor den Salzen lagerte sich an einzelnen Stellen des Zechsteinmeeres ein anderes Sediment ab, das für unsere Volkswirtschaft von großer Bedeutung ist: der *Kupferschiefer*. Er ist zwar kein chemisches Sediment im eigentlichen Sinne, in ihm sind aber durch chemische Prozesse jene Kupfererze angereichert worden, die bei Mansfeld und Eisleben seit mehr als 750 Jahren abgebaut werden (siehe Atlaskarte „Industriegebiet Halle–Leipzig–Dessau“).

Am Grunde des flachen Zechsteinmeeres kam es – ähnlich wie heute noch im Schwarzen Meer – im kaum bewegten, sauerstoffarmen Wasser zum Absatz von Faulschlamm aus abgesunkenen tierischen Substanzen der Kleinstlebewesen. Durch Zersetzung des Faulschlammes wurde Schwefelwasserstoff frei, der aus den vom Festland her einströmenden Wässern, die gelöste Metalle enthielten, das Kupfer ausfällte.

Der später zu einem schieferartigen Gestein, dem Kupferschiefer, verfestigte Faulschlamm ist insgesamt nur 30 bis 50 cm mächtig und kann deshalb nur mühevoll

abgebaut werden (Kupfergehalt 2 bis 3%). Blei, Zink, Nickel, Silber, geringe Goldmengen und verschiedene andere Stoffe fallen bei der Verarbeitung der Erze ebenfalls an. Neuerdings wird Kupferschiefer auch in einer bei Sangerhausen entdeckten Lagerstätte abgebaut. Gegenwärtig kann der Bedarf unserer Republik an Kupfer zu etwa 25 Prozent aus eigener Förderung gedeckt werden.

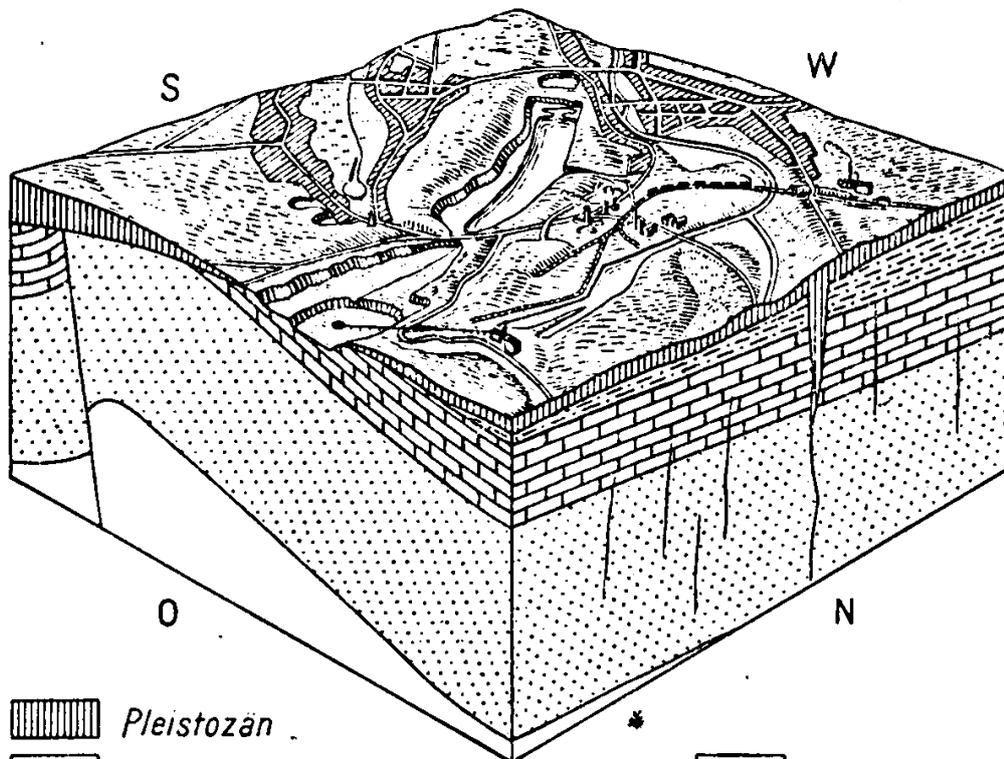
Chemische Sedimente entstehen durch Absatz oder Ausfällung aus dem Meerwasser.

3. Die organogenen Sedimente

An der Entstehung der *organogenen* oder *organischen Sedimente* sind sowohl tierische als auch pflanzliche Organismen beteiligt.

a) Kalkstein

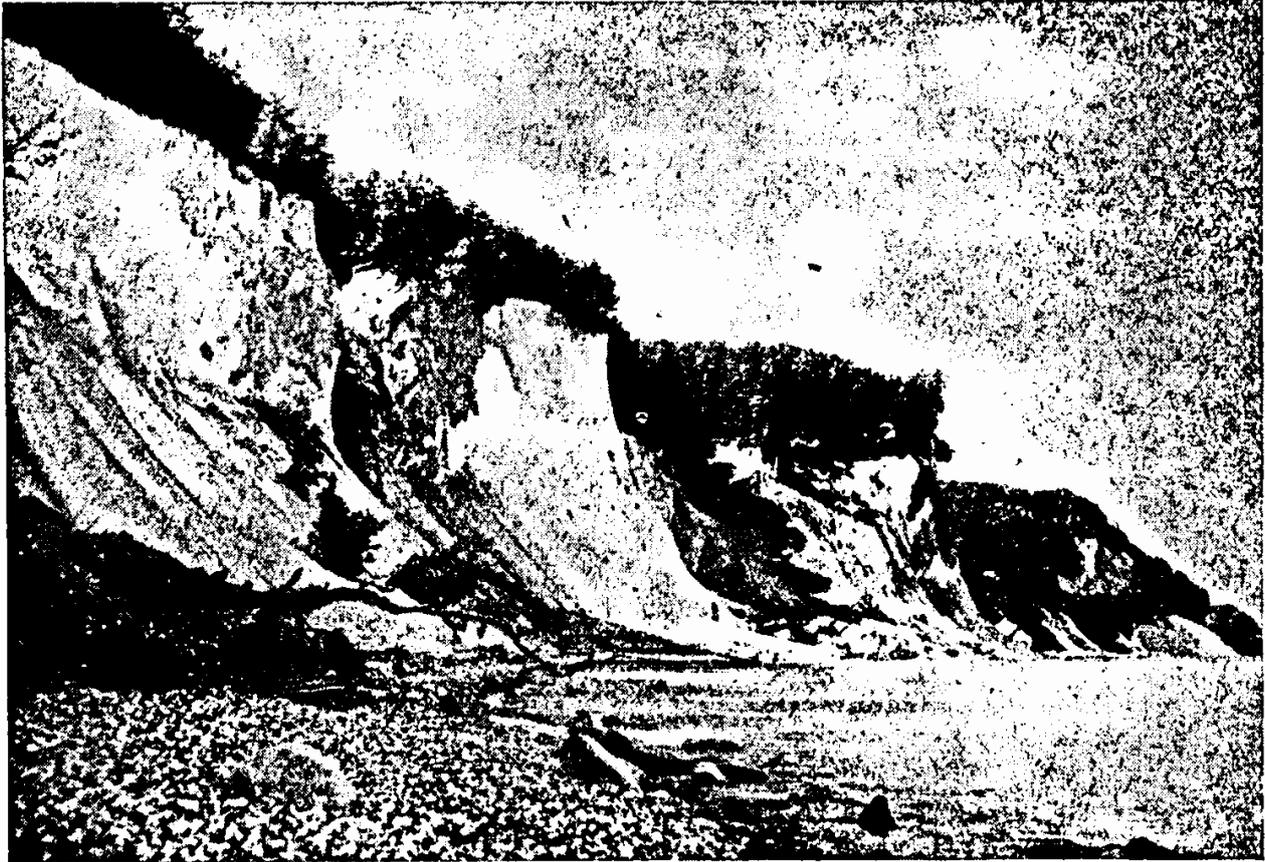
Während ein Teil der Kalkgesteine durch direkte Ausfällung von Kalk im Meerwasser gebildet wird, also zu den chemischen Sedimenten gehört, besteht ein anderer aus den kalkigen Überresten von Meeresorganismen. Winzige Schälchen primitiver Einzeller, Schalen, Gehäuse und Gerüste von Muscheln, Schnecken, Krebsen, Korallen und Schwämmen häuften sich beim Absterben dieser Organismen auf dem Meeresboden an und wurden zu mächtigen „Gesteinspaketen“ verfestigt.



-  Pleistozän
-  Keuper
-  Muschelkalk

-  Buntsandstein
-  Salze

Die Lagerungsweise des Rüdersdorfer Kalkes



Kreidefelsen auf Rügen. Die Kreide, ein weißer, feinkörniger und mürber Kalk, entstand in der gleichen Formation der Erdgeschichte, der auch die Sandsteine des Elbsandsteingebirges angehören. – Nennen Sie andere Steilküsten, die ebenfalls aus Kreide bestehen!

Im *Muschelkalk* des Thüringer Beckens oder des Süddeutschen Stufenlandes bezeugen Muschelreste oder Abdrücke von Meerestieren, daß dieser Muschelkalk im Meere gebildet wurde und erst durch endogene Hebungsvorgänge in die heutige Höhenlage geriet. Auch unter der eiszeitlichen Sedimentdecke des Norddeutschen Tieflandes liegen tief abgesenkte Muschelkalkschichten. Bei Rüdersdorf in der Nähe Berlins treten sie an die Oberfläche und werden dort seit mehr als 700 Jahren abgebaut.

AUFGABE: Welche wirtschaftliche Bedeutung besitzt der Kalk und wozu wird er verwendet? (Berücksichtigen Sie dabei auch Ihre Kenntnisse aus dem Chemieunterricht!)

Rügener Kreide dient hauptsächlich der Gewinnung von Schlämmkreide. Der geklärte Kreideschlamm wird getrocknet und zu weißer Farbe, Putzmitteln, Zahnpulver und Kitt verarbeitet. (Die zum Tafelzeichnen benutzte Schreibkreide ist kein Kalkstein (CaCO_3), sondern gebrannter Gips (CaSO_4), der als wäßriger Brei in Formen gegossen wird.)

b) Kohlengesteine

In den riesigen Tagebauen unseres Braunkohlenbergbaus ist zu erkennen, wie unter einer eiszeitlichen Sedimentdecke die dunklen Kohlenflöze lagern. Bei näherer Betrachtung der Rohbraunkohle zeigt sich deutlich, daß es sich um ein aus pflanzlicher Substanz zusammengesetztes Sediment handelt. Wie in sumpfigen Niederungen und in verlandenden Seebecken sich auch heute noch Torfschichten bilden, so häufte sich vor etwa 50 bis 60 Millionen Jahren diese Pflanzensubstanz unter subtropischen Klimabedingungen an, erzeugt in üppig wuchernden Sumpfwäldern. Der gesamte norddeutsche Raum war zu dieser Zeit in langsamer Senkung begriffen, der Grundwasserstand deshalb so hoch, daß die pflanzliche Substanz am Boden der

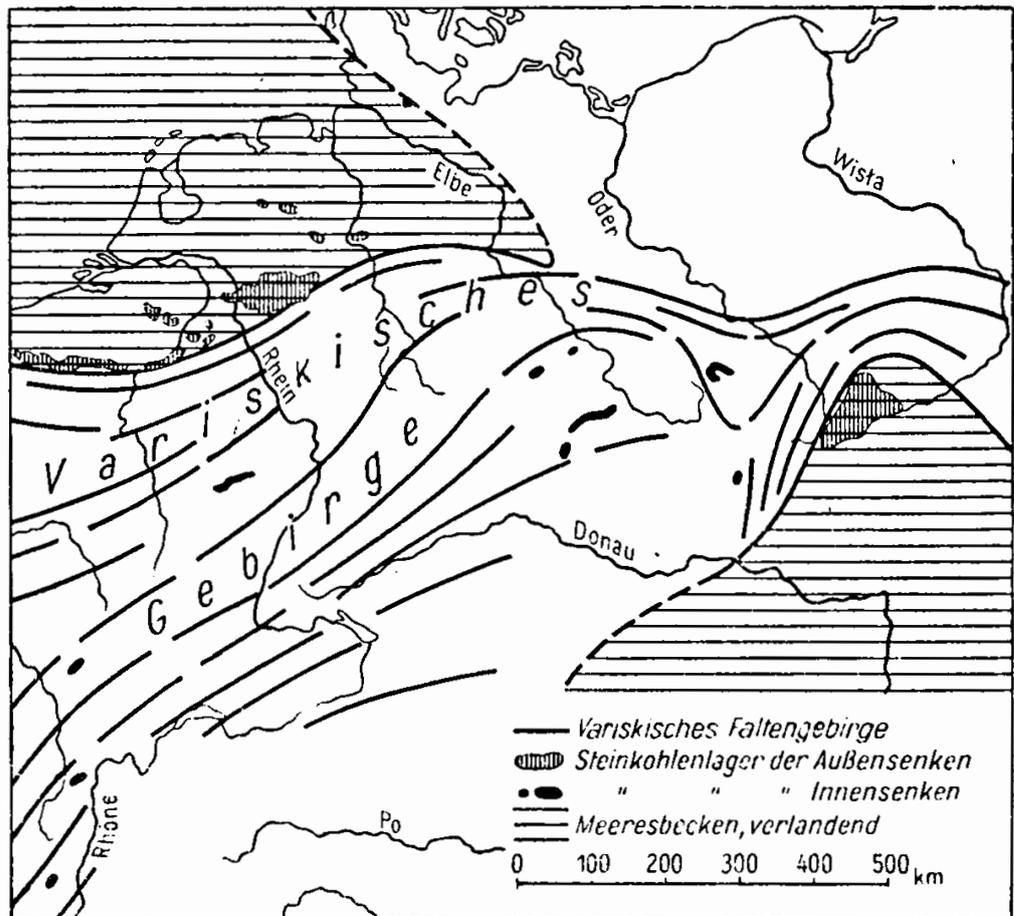


Wurzelstock (Stubben) aus dem Tagebau Böhlen

Sumpfwälder durch das Wasser vor der Verwesung bewahrt wurde. Unter Luftabschluß und Druck erfolgte eine innere Verwandlung der pflanzlichen Stoffe (Inkohlung), die eine relative Erhöhung des Kohlenstoffgehalts zur Folge hatte. In Perioden rascherer Senkung drang in Nähe der damaligen Küste das Meer vor (Transgression) und überschüttete das pflanzliche Sediment mit seinen Ablagerungen, bis nach erfolgter Regression sich erneut die Vegetation einstellte. So ist es zu erklären, daß zuweilen durch Meeressande voneinander getrennte Kohlenflöze übereinanderliegen. Die Mächtigkeit der Flöze liegt im allgemeinen zwischen 5 m und 20 m, im Geiseltal bei Merseburg um 100 m, in der Ville bei Köln um 200 m.

- AUFGABEN: 1. Erläutern Sie den Inkohlungsprozeß (Chemieunterricht der 8. Klasse)! – 2. Stellen Sie in einer Liste die Braunkohlenlagerstätten unserer Republik und Westdeutschlands zusammen! Benutzen Sie die Atlaskarten „Deutsche Demokratische Republik, Bergbau und Industrie“, „Niederlausitzer Braunkohlengebiet“, „Industriegebiet Halle-Leipzig-Dessau“ und „Deutsche Demokratische Republik und Westdeutschland, Bergbau und Industrie“! Siehe auch Lehrbuch der Chemie, 8. Klasse! – 3. Schildern Sie den Abbau der Rohbraunkohle in einem Tagebau!

Unter dem Einfluß von außerordentlich hohem Druck, der durch überlagernde Gesteinsmassen und Krustenbewegungen bei der Gebirgsbildung hervorgerufen wird, sowie bei den hohen Temperaturen in größerer Tiefe (geothermische Tiefen-



Das Variskische Gebirge mit den Steinkohlenlagern. – Beschreiben Sie den Verlauf des Gebirges und bezeichnen Sie die eingetragenen Lagerstätten!

stufe), kann sich die Braunkohle weiter zu Steinkohle entwickeln. Die Steinkohlenlager auf dem Territorium unserer Republik (Zwickau, Lugau/Oelsnitz) und Westdeutschlands (Aachen, Saargebiet, Ruhrgebiet), wurden vor etwa 250 Millionen Jahren gebildet, und zwar in der als Karbon (lat. *carbo* Kohle) bezeichneten Formation der Erdgeschichte. Auch damals herrschte – wie zur Zeit der Entstehung der Braunkohle – subtropisches Klima. Sumpfwälder aus baumartigen Farnen und Schachtelhalmen, Schuppen- und Siegelbäumen erfüllten die Senken und das Vorland eines zur gleichen Zeit sich emporwölbenden gewaltigen Gebirgszuges (Variskisches Faltengebirge). Diese Sumpfwälder lieferten das pflanzliche Material für die Steinkohlenflöze, die heute in zum Teil über 1000 m tiefen Bergwerksschächten abgebaut werden.

Die ebenfalls während des Karbons gebildete Kohle des Moskauer Beckens ist trotz ihres hohen Alters nicht zu Steinkohle umgewandelt worden, weil sie ebenso wie die darüber liegenden Schichten vollkommen ungestört lagert. Es fehlte der Druck, der bei Gebirgsbildungen die Gesteinsschichten verformt und sie dabei mit unvorstellbarer Gewalt preßt.

AUFGABEN: 1. Suchen Sie die Steinkohlenlager der beiden deutschen Staaten in der Atlaskarte „Deutsche Demokratische Republik und Westdeutschland, Bergbau und Industrie“ auf! – 2. Erläutern Sie die unterschiedlichen Abbauverhältnisse von Steinkohle und Braunkohle aus deren Entstehungsgeschichte!

c) Erdöl

Ebenfalls zu den organischen Sedimenten wird das Erdöl gerechnet. Die komplizierten Vorgänge, die zu seiner Bildung führen, sind jedoch noch nicht restlos geklärt. Im allgemeinen wird angenommen, daß sich im Faulschlamm im Laufe der erdgeschichtlichen Entwicklung unter dem Einfluß von starkem Druck, hohen Temperaturen und Bakterien feste Kohlenwasserstoffe (Bitumen) gebildet haben. Aus solchen festen Kohlenwasserstoffen konnte durch spätere chemische Prozesse flüssiges Erdöl entstehen. (Näheres über die Entstehung des Erdöls und der Erdöllagerstätten erfahren Sie im Chemieunterricht der 10. Klasse und im Geographieunterricht der 11. Klasse.)

Organogene Sedimente setzen sich aus pflanzlichen oder tierischen Bestandteilen zusammen (Kalkstein, Kohle, Erdöl).

V. Metamorphe Gesteine (Umwandlungsgesteine)

Magmatische Gesteine und Sedimentgesteine können unter bestimmten Bedingungen in ihrem Mineralbestand und in ihrem Gefüge verändert werden. Eine derartige Umwandlung oder Metamorphose (gr. *metamorphosis* Verwandlung) tritt zum Beispiel dann ein, wenn bestimmte Regionen der Erdkruste durch Krustenbewegungen in größere Tiefen geraten.

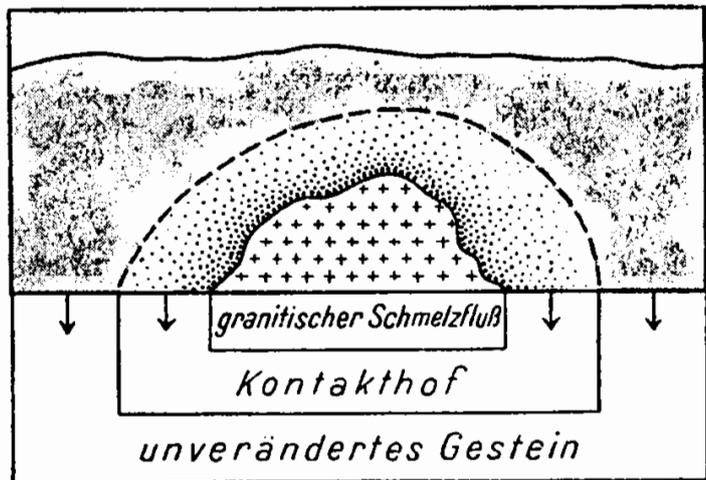
Bei dieser Regionalmetamorphose führt der auftretende gewaltige Druck bei gleichzeitiger starker Temperaturerhöhung dazu, daß sich die im Gestein regellos verteilten Kristalle lagenförmig, im Profil gesehen streifenartig, anordnen. Das Gestein erhält dadurch ein schiefriiges Gefüge, weshalb man diese metamorphen Gesteine auch als *kristalline Schiefer* bezeichnet.

So entsteht zum Beispiel aus Granit durch Regionalmetamorphose *Gneis*.

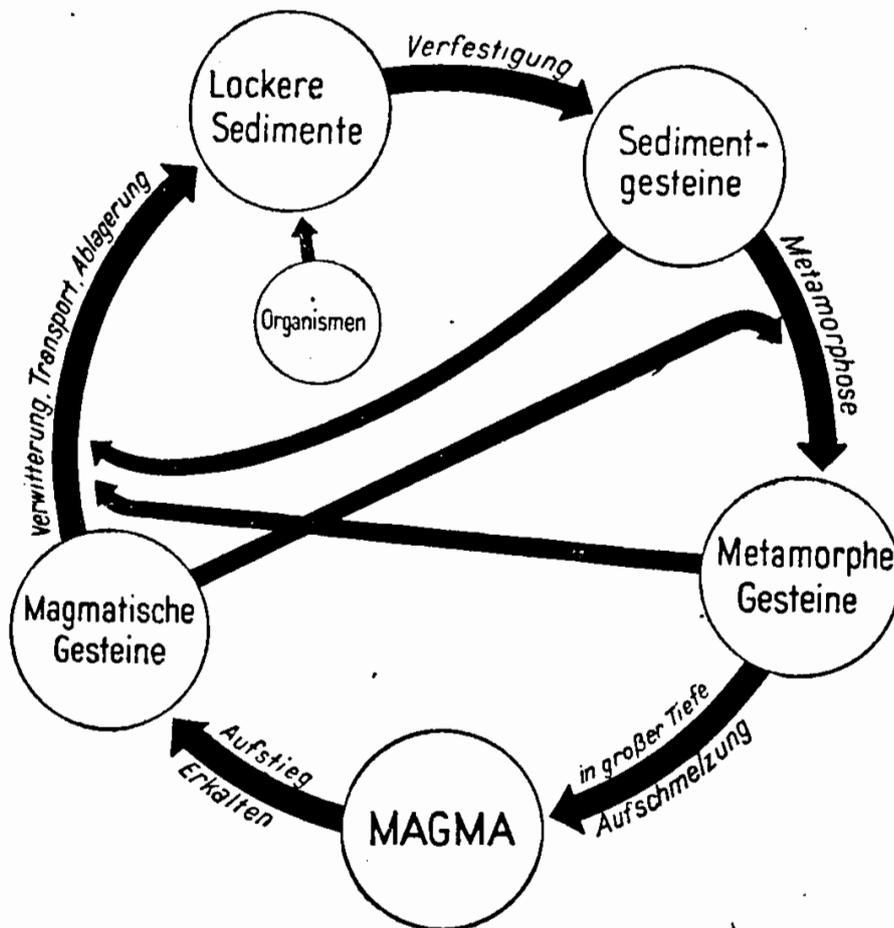
AUFGABEN: 1. Erläutern Sie an Gesteinsproben aus der Schulsammlung das unterschiedliche Gefüge von Granit und Gneis! – 2. Wie erklären Sie, daß in der Tiefe der Erdkruste gebildeter Gneis heute an der Erdoberfläche ansteht?

Gneise, die am meisten verbreiteten kristallinen Schiefer, können durch Metamorphose auch aus anderen Ausgangsgesteinen, etwa aus Sedimentgesteinen, hervorgehen. Sie sind an vielen Stellen unserer Mittelgebirge zu finden. In der Kammregion des Erzgebirges treffen wir auf großen Flächen rote Gneise und graue Gneise.

Schematische Darstellung der Kontaktmetamorphose



Zu einer Gesteinsmetamorphose kommt es auch dann, wenn in die Kruste eindringendes Magma die Nachbargesteine an der Berührungs- (Kontakt-) stelle umwandelt. Bei dieser Kontaktmetamorphose, bei der vor allem die hohe Temperatur des aufgestiegenen Schmelzflusses wirksam wird, bildet sich rings um das eingedrungene Magma ein „Kontaktthof“, in welchem die dort lagernden Gesteine umgeprägt werden.



Der Kreislauf der Gesteine. – Geben Sie an Hand der Zeichnung eine zusammenfassende Darstellung der Gesteinsbildung! Nennen Sie jeweils Beispiele!

<i>Wichtige metamorphe Gesteine</i>	
Ausgangsgestein	metamorphes Gestein
Sandsteine	Quarzit
Tone, Mergel	Glimmerschiefer, Hornfels
Granit	Gneis
Kalk	Marmor

AUFGABEN: 1. Welche Auswirkungen für die Oberflächengestaltung eines Gebietes durch die exogenen Kräfte ergeben sich, wenn metamorphe und weniger widerständige Gesteine nebeneinander lagern? - 2. In welchen Mittelgebirgen unserer Republik kommen Gneise und kristalline Schiefer vor (Atlaskarte „Mitteleuropa, Geologie“)?

Metamorphe Gesteine gehen unter außergewöhnlichen Druck- und Temperaturverhältnissen aus Sediment- und Magmagessteinen hervor.

VI. Die Gliederung der Erdgeschichte

Die Erforschung der Gesteinsbildung und der Gestaltung der Erdoberfläche durch endogene und exogene Kräfte ermöglicht es, Schlußfolgerungen auf die Entwicklungsgeschichte der festen Erdkruste zu ziehen. Mit Hilfe dieser Betrachtungsweise haben Forscher aller Nationen und zahlreicher Wissenschaftszweige in mühsamer Kleinarbeit die erdgeschichtliche Vergangenheit zu deuten versucht. Die Ergebnisse ihrer Arbeit beweisen unwiderleglich, daß der Gestaltung der Erde keine übernatürlichen göttlichen Kräfte zugrunde liegen. Vielmehr befindet sich die Erde in einer ständigen Entwicklung, die sich nach Naturgesetzen vollzieht. Ihnen zufolge wechselt im Laufe sehr langer Zeiträume die Verteilung von Land und Meer, verschieben sich also durch Trans- und Regressionen die Küstenlinien, wölben sich Gebirge auf oder senken sich Krustenteile, werden Gesteine zerstört und wird an anderen Stellen aus dem Zerstörungsmaterial neues Gestein aufgebaut, steigen Magmamassen empor und erstarren zu Gestein.

Die Geschichte der Erdkruste ist die Geschichte der Veränderungen, die die Erdkruste in einem Hunderte von Millionen Jahren währenden Entwicklungsgang durchlaufen hat.

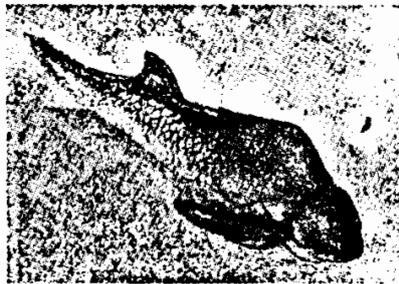
Wir müssen, wenn wir diese Veränderungen richtig verstehen wollen, in geologischen Zeitmaßen denken. Die allmähliche Hebung eines Krustenteils zum Beispiel mag im Laufe eines Jahres nur einen Millimeter betragen; dauert der Vorgang eine Million Jahre an, so erreicht er ein Ausmaß von tausend Metern.

1. Das relative Alter der Gesteine

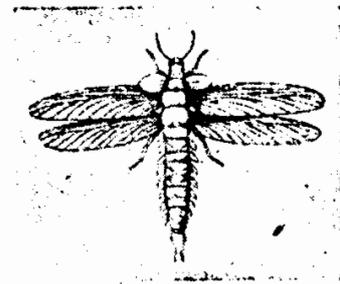
In der erdgeschichtlichen Entwicklung haben sich die Organismen von den einfachen zu höheren Formen entwickelt. Daher bieten in Sedimenten erhalten gebliebene Überreste oder Abdrücke dieser Organismen, sogenannte *Fossilien* (lat. *fossilis* ausgegraben) die Möglichkeit, die Gesteinsschichten der Erdkruste altersmäßig zu ordnen. Viele Pflanzen- und Tierarten lebten nur in relativ kurzen Zeiträumen und sind deshalb nur in bestimmten Schichten zu finden. Sind sie zugleich räumlich weit verbreitet, so haben sie bei der Altersbestimmung von Gesteinsschichten als *Leitfossilien* für die Forschung große Bedeutung.



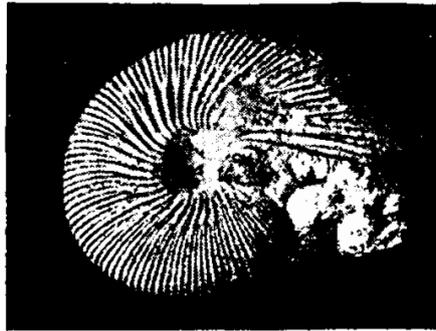
a



b



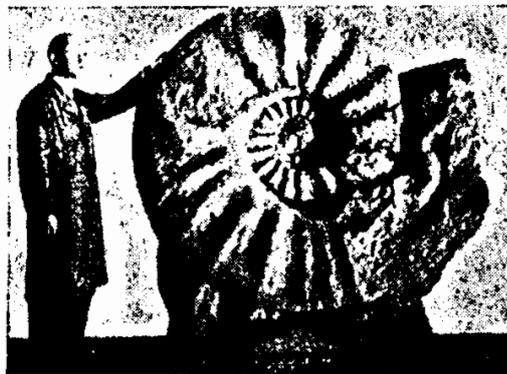
c



d



e



f

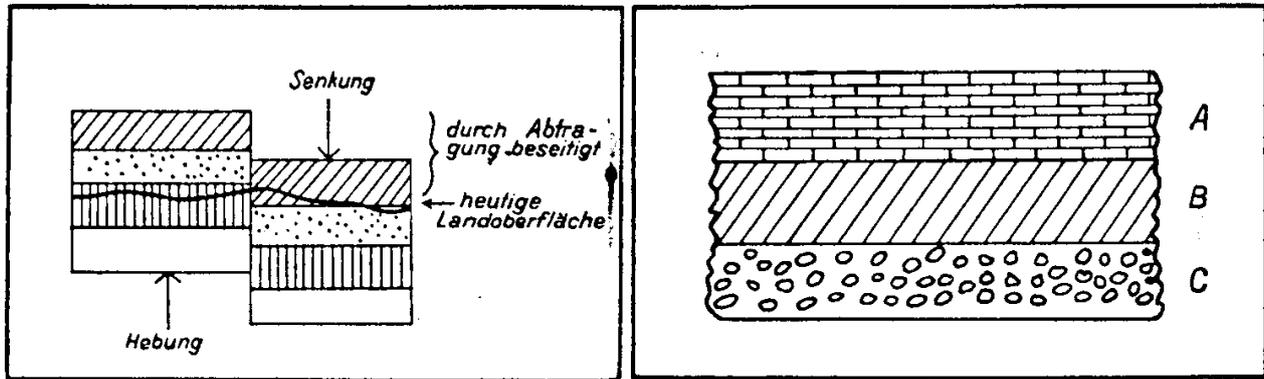
Fossilien aus verschiedenen Formationen (vergleiche Tabelle auf den Seiten 150 und 151)

a) Kambrium: Trilobit; b) Devon: Panzerfisch; c) Karbon: Insekt; d) Trias (Muschelkalk): Ammonit;

e) Jura: Stegosaurier; f) Kreide: Ammonit. — Die Fossilien sind nicht in ihrer natürlichen Größe abgebildet; der Verkleinerungsmaßstab wurde unterschiedlich gewählt

Zwei Gesetzmäßigkeiten ergeben sich:

1. Gesteinsschichten, die gleiche Leitfossilien enthalten, sind gleichaltrig.
2. Jedes Sedimentgestein ist jünger als das darunter lagernde, jedoch älter als das über ihm abgesetzte. – Dieses Gesetz gilt nur für solche Sedimente, die ungestört lagern, weil durch endogene Kräfte zuweilen eine Umlagerung der Schichten erfolgt. Erst die Untersuchung der Leitfossilien schafft in diesem Fall Klarheit.



links: Vertikale Verschiebung von Gesteinsschichten

rechts: Schichtenpaket. – 1. Begründen Sie, warum Schicht B älter als A, aber jünger als C sein muß! – 2. Warum treten Fossilien nur in Sedimentgesteinen auf, dagegen nie in magmatischen oder metamorphen Gesteinen?

Aus den Lagerungsverhältnissen und dem Fossilinhalt läßt sich jedoch nur ableiten, ob eine Gesteinsschicht jünger oder älter als eine andere ist. Es ist also nur ihr relatives Alter feststellbar. Wenn die Dauer der einzelnen Epochen der Erdgeschichte, die Zeiträume, die seit der Bildung eines bestimmten Gesteins bis heute verstrichen sind, bestimmt werden sollen, dann bedarf es anderer Methoden.

2. Die absolute Altersbestimmung

Die Wissenschaft bedient sich hierbei heute vorwiegend radioaktiver Elemente (zum Beispiel Uran und Thorium), die verbreitet in den Gesteinen der Erdkruste auftreten. Diese Elemente zerfallen unter Abgabe einer Strahlung über verschiedene Zwischenprodukte zu Blei. Aus dem vorhandenen Bleirest läßt sich an Hand der bekannten Zerfallszeit mit einiger Sicherheit das Alter des untersuchten Gesteins errechnen.

3. Die erdgeschichtliche Zeittafel (Formationstabelle)

Relative und absolute Altersbestimmung ermöglichten die Anlage einer übersichtlichen Tabelle, in der die altersmäßige Gliederung der Gesteinsschichten von der Entstehung einer ersten festen Erdkruste an bis in unsere Gegenwart hinein erfaßt werden kann. Die Tabelle auf den Seiten 150 und 151 ist sehr stark vereinfacht und gekürzt.

AUFGABEN: 1. Welche *Erdzeitalter* nennt die Tabelle? Welche weitergehende Unterteilung in *Formationen* und *Abteilungen* zeigt sie? – 2. Wie lange liegt die Entstehung des Erdkörpers zurück? Wann bildete sich die feste Erdkruste? – 3. In welchen *Formationen* und *Abteilungen* kam es zu größeren *Transgressionen* in Mitteleuropa?

Dreimal seit Beginn der Erdaltzeit (Paläozoikum) traten weltumspannende Gebirgsbildungen auf: im späten Silur, im späten Karbon und an der Wende Kreide/Tertiär. In riesigen sinkenden, meererfüllten Großmulden (Geosynklinalen) häuften sich gewaltige Sedimentschichten. Vor ihrer völligen Verfestigung wurden sie durch von der Seite her erfolgendes Zusammendrücken der Großmulde deformiert, gestaucht und gefaltet. Die gefaltete kompakte Gesteinsmasse wurde schließlich als Faltengebirge emporgehoben. Mit dem Aufstieg begann zugleich die Abtragung durch die exogenen Kräfte.

Bei diesem Akt der Gebirgsbildung, der auch die benachbarten Krustenteile preßte, zerbrach und vertikal verschob, drangen größere Magmamassen in Spalten und Bruchlinien empor, kam es zu stärkerer vulkanischer Tätigkeit, bildeten sich viele Erzlagerstätten.

Formation	Name der Faltung	Nachweisbar in folgenden Gebirgen
Kreide/Tertiär	Alpidische Faltung	Pyrenäen, Alpen, Kaukasus, Himalaja, Anden, Faltenzüge der nordamerikanischen Kordilleren
Karbon	Variskische Faltung	Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Thüringer Wald, Schwarzwald, Fichtelgebirge, Erzgebirge, Französisches Zentralmassiv, Appalachen, Ural (spätvariskisch)
Silur	Kaledonische Faltung	Skandinavisches Gebirge, Schottland, Irland, Spitzbergen

Die aufragenden Gebirgszüge der Kaledonischen und der Variskischen Faltung waren durch die exogenen Kräfte bereits am Ende der nachfolgenden Formation abgetragen. Erst späteres Emporsteigen einzelner Schollen zu Schollengebirgen brachte das viel früher gefaltete Gesteinsmaterial wieder in größere Höhenlage. So sind zum Beispiel Harz, Thüringer Wald und Erzgebirge erst im Tertiär gehobene Schollen.

AUFGABEN: 1. Kennzeichnen Sie nach der Atlaskarte „Mitteleuropa, Geologie“ das Hauptverbreitungsgebiet der Trias- und Juragesteine! – 2. Welcher Formation gehören die in Ihrem Heimatkreis verbreiteten Gesteine an? Besuchen Sie die Gesteinssammlung Ihres Heimatmuseums! – 3. Prägen Sie sich die Namen jener Formationen und Abteilungen ein, in denen unsere Stein- und Braunkohlen-, Salz- und Kupfererzvorkommen entstanden sind!

Erdgeschichtliche Zeittafel

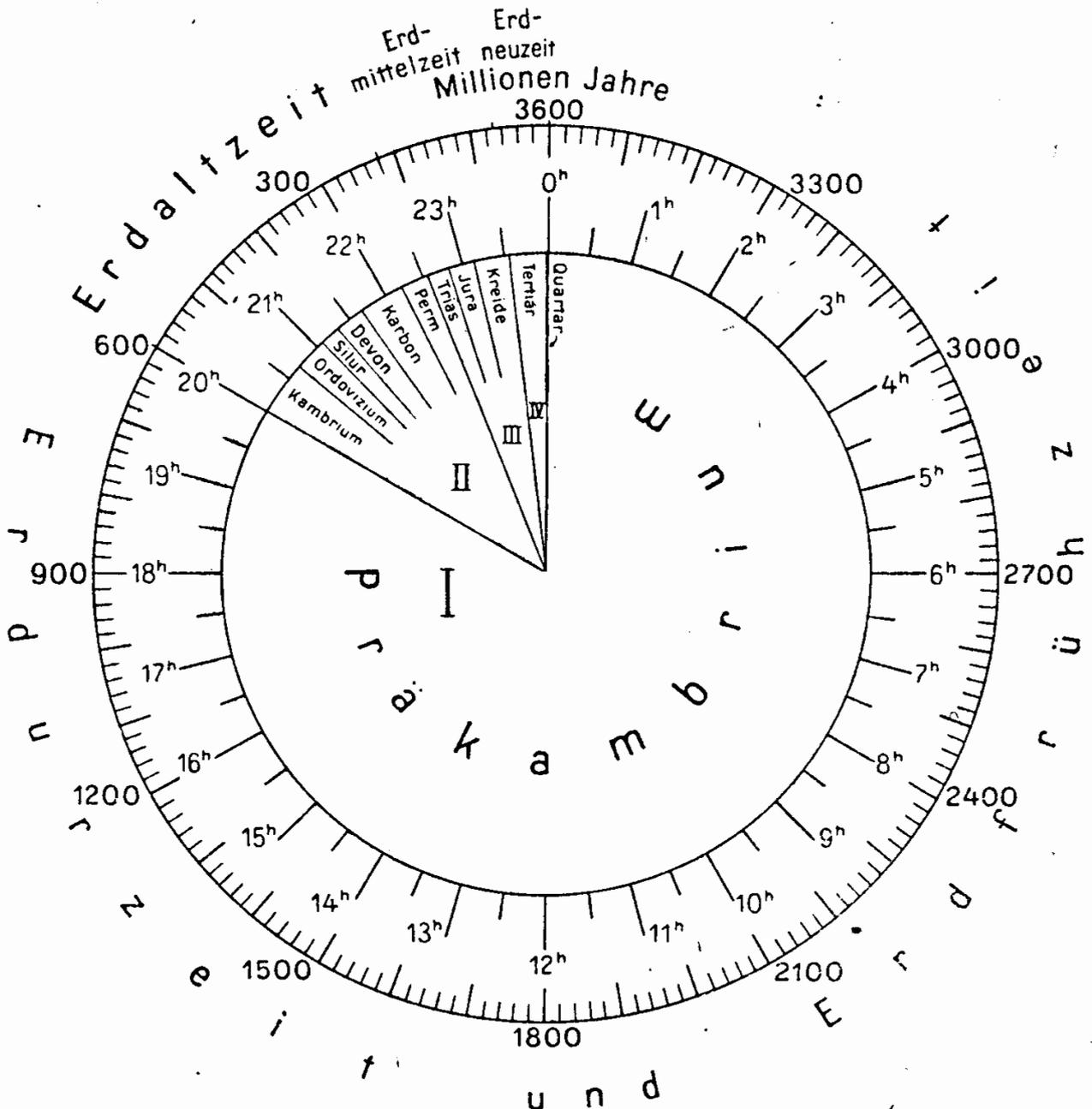
Erdzeitalter	Formation	Abteilung	Beginn vor Mill. Jahren	Geologisches Geschehen, vorwiegend in Mitteleuropa	Entwicklung der Fauna und Flora
Erdneuzeit (Känozoikum)	Quartär	Holozän		Die exogenen Kräfte arbeiten an der Ausgestaltung der Landschaftsformen	Heutige Tier- und Pflanzenwelt. Der Mensch (<i>homo sapiens</i>) greift durch Züchtung ein
		Pleistozän (Eiszeitalter)	etwa 1	Mehrmaliger Eisvorstoß von Skandinavien her, unterbrochen durch Warmzeiten. Vergletscherung der Alpen bis ins Vorland. - Vulkanismus in der Eifel (Maare)	Erstes Auftreten des Menschen vor etwa 600 000 Jahren
	Tertiär		etwa 70	Fortdauer und allmähliches Ausklingen der Alpidischen Faltung. Heraushebung der deutschen Mittelgebirgsschollen. Verstärkter Vulkanismus: Basalte der Rhön, des Vogelsberges, der Lausitz, des Erzgebirges. - Braunkohlenlager: Niederlausitz, Halle-Leipzig, Völle. - Im Mitteltertiär letztmalige Meeresüberflutung	Rasche Entwicklung der Säugetiere, Vögel und Insekten. Angleichung aller Tierarten an die heutigen Formen. Verstärkte Ausbreitung der Blütenpflanzen
Erdmittelzeit (Mesozoikum)	Kreide		etwa 135	Die Faltengebirge der Alpidischen Faltung steigen auf. Zweimaliger großer Meeresvorstoß. Sedimente des Kreidemeeres: Elbsandstein, Kreide von Rügen. - Brauneisenerz von Salzgitter	Aussterben der Saurier und Ammoniten. Erste höhere Blütenpflanzen
	Jura		etwa 180	Das Gebiet der beiden deutschen Staaten ganz vom Flachmeer bedeckt. Absatz von kalkigen und mergeligen Sedimenten (Schwäbischer und Fränkischer Jura). Brauneisenerz von Baden-Württemberg und Lothringen (Minette)	Blütezeit der Riesensaurier. Erste Flugsaurier, Vögel und Knochenfische (Urvogel <i>Archäopteryx</i> im Solnhofener Kalk). Nachtsamer und Farne herrschen noch in der Pflanzenwelt
	Trias	Keuper Muschelkalk Buntsandstein	etwa 225	Vorwiegend trocken-heißes Klima. Im Buntsandstein und Keuper Festland, im Muschelkalk das Flachmeer vorherrschend. - In abgeschnürten Meeresbecken Ablagerung von Salzen (Erfurt, Heilbronn). - Im Alpenbereich in einer Geosynklinale Ablagerung mächtiger Kalkschichten, die mit den Alpen aufsteigen	Erste primitive Säugetiere und Meeresreptilien. Schnecken und Knorpelfische überwiegen. In der Pflanzenwelt überwiegen Nacktsamer

Erdaltzeit (Paläozoikum)	Perm	Zechstein	etwa 250	Vordringen des Meeres: Ablagerung des Kupferschiefers, danach der Salzseen	Blütezeit der Amphibien. Hochentwickelte Reptilien vermittlein zu den ersten Säugern. Zunahme der Nacktsamer gegenüber den Sporenpflanzen	
		Rotliegendes	etwa 270	Völlige Abtragung des Variskischen Gebirges. Ausfüllung aller Senken mit dem rötlichen Abtragungsschutt (Rotliegendes - unter dem Kupferschiefer liegendes rötliches Gestein). Starker Vulkanismus: Porphyre des Thüringer Waldes und von Halle-Leipzig		
Erdaltzeit (Paläozoikum)	Karbon		etwa 350	Aufsteigen des Variskischen Gebirges. In Verbindung damit Eindringen mächtiger granitischer Schmelzflüsse in die Erdkruste und Bildung von Erzlagerstätten. - Im Spätkarbon Bildung der Steinkohlenlager: Ruhrgebiet, Saargebiet, Aachen, Zwickau, Lugau/Oelsnitz, Ostrawa, Katowice	Blütezeit der Amphibien, erste Reptilien, erste geflügelte Insekten. Reich entwickelte Sporenpflanzen, erste Nacktsamer	
		/	etwa 400	In der Großmulde, aus der später das Variskische Faltengebirge aufsteigt, werden mächtige Schichten von Ton und Sand abgelagert. Als Schiefergesteine bilden sie heute das Hauptgestein des Rheinischen Schiefergebirges	Mit Beginn des Kambriums sind alle Tierstämme bis auf die Wirbeltiere bereits vertreten. Im Silur erscheinen die ersten Fische. Ebenfalls im Silur fassen die ersten Landpflanzen auf dem Festland Fuß	
	Silur					
	Ordovizium		etwa 500	Bildung der bis 40 m mächtigen ostthüringischen Eisenerzschichten. - Im Spätsilur Mitteleuropa größtenteils vom Meer überflutet. - In Nordwesteuropa Kaledonische Faltung		
	Kambrium				Trans- und Regressionen wechseln	
				etwa 600		
Erdfrühzeit Erdurzeit	Präkambrium		etwa 2000 bis 3500	Bildung der festen Erdkruste. Der beginnende Kreislauf des Wassers setzt die Sedimentation in Gang. - Weltweite Krustenbewegungen, starker Vulkanismus. - Sämtliche Gesteine stark metamorphosiert	Nur aus dem spätesten Präkambrium vereinzelte Fossilfunde von Weichtieren, Schwämmen und Algen	
			etwa 4000 bis 7000	Entstehung der Erde		

4. Die geologische Uhr

In der folgenden Abbildung ist der Versuch unternommen worden, die unvorstellbaren zeitlichen Maßstäbe der bisherigen Erdgeschichte so darzustellen, daß ihre Ausmaße doch irgendwie spürbar werden.

AUFGABEN: 1. Welche Aussage können Sie machen, wenn Sie den Zeitraum vor dem Kambrium, das Präkambrium, der zeitlichen Dauer der jüngeren Erdzeitalter gegenüberstellen? – 2. Inwiefern läßt die Abbildung erkennen, daß die Faltengebirge des Tertiärs noch recht „junge“ Faltengebirge sind?



Die geologische Uhr. Mit dieser Darstellung wird die bisherige rund 3500 Millionen Jahre währende geologische Entwicklung vergleichsweise dem Ablauf eines Tages gegenübergestellt.

E. Die natürlichen Zonen der Erde

Das geographische Milieu wird durch das gesetzmäßige Zusammenwirken der verschiedenen natürlichen Faktoren gestaltet. Der Charakter des geographischen Milieus ist bekanntlich in den einzelnen Erdräumen unterschiedlich. Trotz aller Verschiedenheit des geographischen Milieus ist jedoch überall auf der Erde jeweils eine Übereinstimmung der Abhängigkeiten, Wechselwirkungen und Zusammenhänge der natürlichen Faktoren erkennbar.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie an Beispielen die Zusammenhänge zwischen a) Lage im Gradnetz und Klima, b) Klima und Gewässernetz, c) Höhenlage und Vegetation, d) Klima, Vegetation und Tierwelt, e) Klima und Verwitterung! – 2. Nennen Sie weitere Beispiele für gesetzmäßige Wechselwirkungen und Verknüpfungen innerhalb des geographischen Milieus! – 3. Erläutern Sie, wie der Mensch zum Nutzen oder zum Schaden der Gesellschaft das geographische Milieu umgestalten kann! Welche Rolle spielt dabei die Gesellschaftsordnung?

Da ein Hauptfaktor des geographischen Milieus das Klima ist und weil ein besonders enger Zusammenhang zwischen dem Klima und der Vegetation, den Böden und der Tierwelt besteht, ergeben sich in enger Anlehnung an die Hauptklimazonen der Erde verschiedene Typen des geographischen Milieus, die als *natürliche Zonen* bezeichnet werden.

Wir betrachten im folgenden die *Polarzonen*, die *nördliche gemäßigte Zone*, die *Zone der Hartlaubgewächse*, die *Zone der tropischen Wüsten und Halbwüsten*, die *Zone der tropischen Grasländer* und die *Zone der tropischen Regenwälder*.

I. Die Polarzonen

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie die Besonderheiten der jährlichen Einstrahlungsverhältnisse in den Polargebieten! Gehen Sie dabei auf die Begriffe Polarkreis, Polartag und Polarnacht ein! – 2. Schildern Sie die klimatischen Verhältnisse der Polarregion und charakterisieren Sie die Eiswüsten der Arktis und Antarktis! – 3. Verfolgen Sie auf der Karte „Erde, Klimazonen“ die Grenzen der polaren und subpolaren Klimazonen auf beiden Halbkugeln! Vergleichen Sie!

Mittlere Lufttemperatur in Grad Celsius			
Station ¹	Koordinaten	Juli	Januar
Barrow (Alaska)	71° N 156° W	3	-22
Thule (Grönland)	77° N 68° W	3	-25
Spitzbergen	79° N 12° O	5	-12
Franz-Josef-Land	80° N 53° O	0	-18
Kap Tscheljuskin	78° N 104° O	0	-28
Little America (Antarktika)	79° S 162° W	-35	-8

Frost, Eis und Schnee kennzeichnen die Polarzonen. Dort, wo im ausgeprägten Polarklima große Inlandeismassen auf dem Land lagern (Antarktis, Grönland) oder im Nordpolarraum das Meereis eine Fläche von der Größe Australiens bedeckt, dehnt sich die *polare Eiswüste*. Obwohl die polare Eiswüste dem Menschen feindlich ist, bietet sie in den zeitweilig offenen Meeresflächen Lebensmöglichkeiten für eine Tierwelt (Robben, Wale, Seehunde, Walrosse, Eisbären in der Arktis, Pinguine in der Antarktis), die sich den besonderen Lebensbedingungen angepaßt hat und sich vom Fischreichtum des planktonreichen Meeres nährt. Während früher Jagd und Fischfang den in den Polargebieten Kanadas und Grönlands lebenden Eskimos die einzigen Lebens- und Erwerbsmöglichkeiten boten, werden heute sogar in der polaren Eiswüste wichtige Bodenschätze (siehe Atlaskarte „Erde, Bergbau“) gewonnen. Im Südpolarmeer ist der Walfang von weltwirtschaftlicher Bedeutung. In den Breiten von 50° bis 70° S beginnt im Oktober die Fangsaison und endet im März. Jeder Fangflotte wird ein genau einzuhaltendes international vereinbartes Fangkontingent zugeteilt, damit nicht – wie in den arktischen Gewässern – durch rücksichtslosen Abschub die Wale ausgerottet werden. Da im Erdteil Antarktika bereits reiche Vorkommen von Bodenschätzen festgestellt wurden, kann dieser Kontinent in Zukunft noch große wirtschaftliche Bedeutung gewinnen.

AUFGABEN: 1. Vergleichen Sie die Eisberge der Arktis und Antarktis hinsichtlich ihrer Entstehung und ihres Aussehens! – 2. Kennzeichnen Sie die Bedeutung der Arktis für den internationalen Flugverkehr! – 3. Welche Aufgaben erfüllen die sowjetischen Forschungsstationen in der Arktis und Antarktis!

An ihren Außenrändern geht die polare Eiswüste der Arktis in die subpolare Kältesteppe über, die *Tundra* in der Sowjetunion und in Nordamerika.

AUFGABEN: 1. Stellen Sie auf der Atlaskarte „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“ die Ausdehnung der Tundra auf der Nordhalbkugel fest! Warum fehlt sie in NW-Europa? – 2. Vergleichen Sie die Ausdehnung der nordamerikanischen Tundra mit der der eurasiatischen!

¹ Siehe Atlaskarten „Nordpolargebiet“ und „Südpolargebiet“!

Achten Sie auf ihre Lage zum Polarkreis! Begründen Sie festgestellte Unterschiede (Atlaskarten „Asien, natürliche Vegetationsgebiete“ und „Nord- und Mittelamerika, natürliche Vegetationsgebiete“)! – 3. Begründen Sie, warum die Tundra auf der Südhalbkugel auf einige Inseln der Antarktis beschränkt ist!

Die Tundrenzone, die den äußersten Norden Eurasiens und Nordamerikas mit den eisfreien Teilen der vorgelagerten Inseln umfaßt, ist ebenfalls ein Land der Kälte. Lang und kalt sind die Winter (8 bis 10 Monate), kurz und kühl die Sommer, obwohl zuweilen, wenn auch selten, an warmen Sommertagen bei kontinentalen Winden in der sibirischen Tundra Mittagstemperaturen von über 20 °C gemessen wurden. Die Niederschläge sind häufig, aber meist gering. Das Niederschlagsmaximum liegt im Spätsommer, so daß sich im Winter nur eine dünne Schneedecke ausbildet. Fast ständig wehen kräftige Winde, die im Winter Sturmstärke erreichen und die schützende Schneedecke verwehen.

Charakteristisch für diese Zone ist die Erscheinung des Dauerfrostbodens, der „ewigen Gefronnis“. Der stellenweise mehr als 200 m tief gefrorene Erdboden taut nur im Sommer an der Oberfläche auf. Die Bodenbildung erfolgt wegen der niedrigen Temperaturen nur sehr langsam, so daß im Norden der Tundra kahle Verwitterungsprodukte überwiegen.

AUFGABEN: 1. Verfolgen Sie auf der Atlaskarte „Asien, natürliche Vegetationsgebiete“ die Südgrenze des Dauerfrostbodens! Warum biegt sie im Osten des Kontinents weit nach Süden aus? – 2. Erläutern Sie an Hand der Atlaskarten „Asien, wirkliche mittlere Januar- und Julitemperaturen“ den Verlauf der Januar- und Juliisothermen in der Sowjetunion!

Klima und Bodenverhältnisse bestimmen das Bild der Vegetation in der Tundra: Auf sandigem und steinigem Untergrund siedeln Flechten, vor allem die Rentierflechte (auch Rentiermoos genannt). Auf Hängen, die gut entwässert sind und sich rasch erwärmen, gedeihen mehrjährige Gräser. In den im Sommer versumpften Senken und Mulden finden Moose günstige Wachstumsbedingungen. Charakteristisch für viele Tundrenpflanzen sind Kümmerformen: Zwergwuchs (Zwergbirken, Zwergweiden) und Polsterwuchs. Die kurzen Stämmchen kriechen auf dem Boden hin, wo sie vor den Stürmen geschützt sind und die sommerliche Wärme besser ausnutzen können. Die Blätter sind klein und lederartig, um die Verdunstung herabzusetzen, die bei der starken Luftbewegung sehr groß ist.

Wald kann unter den Bedingungen des Tundrenklimas mit einem Juli/August-Mittel unter 10 °C nicht existieren; baumlos dehnt sich daher die Landschaft.

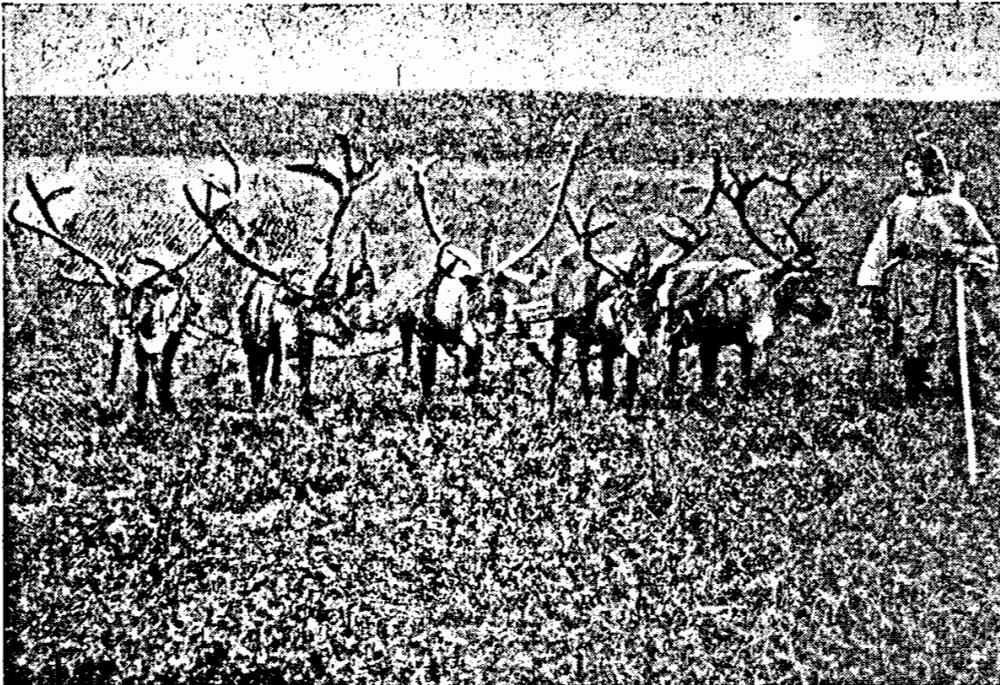
Während der im Mittel nur 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ Monate dauernden Vegetationsperiode genügen oft wenige wärmere Tage, um einen erstaunlichen Blütenreichtum hervorzubringen, der durch seine Farbenpracht überrascht.

Das Charaktertier der sibirischen Tundra ist das Ren. In riesigen Herden wird das gezähmte Tier von den Züchtern gehalten, die sich in Kollektivwirtschaften



Zwergbirken
in der Tundra
auf der Halbinsel
Jamal

zusammengeschlossen haben. Massenweise tritt der Lemming auf, ein Tundren-Nagetier, daneben Schneehase, Polarfuchs und der weiße Polarwolf sowie viele Vogelarten. Zu einer Plage werden an wärmeren Tagen dichte Mückenschwärme. In den wasserreichen Flüssen, die die Tundra durchströmen, werden große Mengen von Fischen gefangen, besonders der Lachs, wenn er zum Laichen aus dem Meer stromaufwärts zieht. Besonders große Bedeutung hat die subpolare Kältsteppe



Rentiergespann
auf der Tas-
Halbinsel

heute dadurch, daß wichtige Bergbauggebiete in ihr liegen (vergleiche Atlaskarte „Erde, Bergbau“). Für diesen Bergbau bietet die ewige Gefrorenis den Vorteil, daß kein Grubenholz zum Absteifen benötigt wird. Die Arbeitsproduktivität ist in den Schächten allgemein hoch, weil die Temperaturen nicht so hoch sind wie in den Schächten anderer Bereiche.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie, inwiefern die Pflanzenwelt der Tundra sich den natürlichen Bedingungen anpaßt! – 2. Wie wird die sibirische Tundra durch den Menschen genutzt? Gehen Sie besonders auf die veränderten Lebensbedingungen der früher nomadisierenden Völkerstämme der sibirischen Tundra ein! – 3. Begründen Sie, weshalb in der Tundra Solifluktionsercheinungen häufig sind! – 4. Erklären Sie die Sumpfbildung während des Sommers in Senken und Mulden der Tundra!

II. Die nördliche gemäßigte Zone

AUFGABEN: 1. Charakterisieren Sie die Besonderheiten der nördlichen gemäßigten Klimazone, die sich ergeben aus a) der Verteilung von Land und Meer (Land- und Seeklima, Übergangsklima), b) der Lage im planetarischen Windsystem (gehen Sie auch auf die Wetterwirksamkeit der wandernden Zyklonen ein), c) dem Einfluß warmer und kalter Meeresströmungen! – 2. Stellen Sie durch Vergleich der Atlaskarten „Erde, Klimazonen“ und „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“ fest, welche natürlichen Vegetationsgebiete innerhalb der gemäßigten Klimazone liegen!

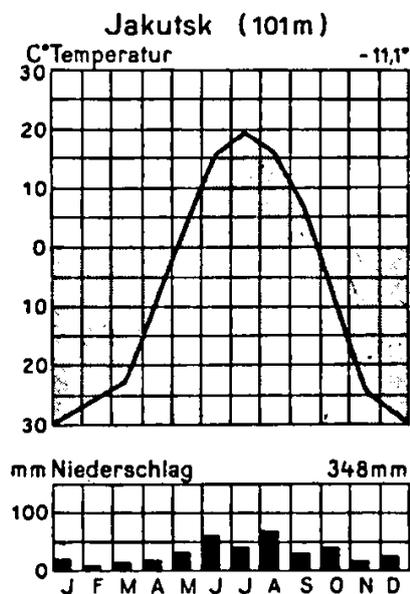
Entsprechend ihrer Ausdehnung über große Teile der Nordkontinente, in denen weiträumige Tiefländer mit mehr oder weniger hohen Gebirgen wechseln, ist die nördliche gemäßigte Zone äußerst vielgestaltig. In ihrem Nordteil ist sie von einem zusammenhängenden Waldgürtel bedeckt, der sich in Eurasien und Nordamerika von Ozean zu Ozean zieht und in Sibirien eine Nord-Süd-Ausdehnung von mehr als 2000 km erreicht.

1. Die nördliche Nadelwaldzone

Von der baumlosen Tundra leitet allmählich ein Übergangsbereich, die *Waldtundra*, mit verkümmerten Einzelbäumen und wenigen isolierten Waldinseln (meist Birken) zur *Nadelwaldzone* über, der *Taiga* in der Sowjetunion.

Die Nordgrenze des Nadelwaldgürtels fällt etwa mit der 10°-Isotherme des wärmsten Monats zusammen. Die niedrigen Wintertemperaturen bleiben ohne Einfluß auf den Verlauf der Waldgrenze, selbst unter den extrem kontinentalen Bedingungen des sibirischen Kältepol. In der gesamten Zone fallen ausreichende Niederschläge während des ganzen Jahres. Vom europäischen Teil der Taiga sinkt die Niederschlagshöhe von rund 500 mm bis auf nur 128 mm im Werchojansker Gebiet.

AUFGABEN: 1. Überlegen Sie, weshalb die nur 250 mm im Durchschnitt betragende Niederschlagshöhe in der Taiga für die Existenz des Nadelwaldes genügt! Denken Sie an das Ausmaß der Verdunstung, die Grundwasser- verhältnisse im Dauerfrostboden während der Auftauperiode und die Rolle der großen Ströme, die im Frühjahr von Süden her auftauen! – 2. Weisen Sie an Hand des Klimadiagrammes von Jakutsk die Besonderheiten des extremen Kontinentalklimas nach!



Klimadiagramm von Jakutsk

Für das Vorherrschen des Nadelwaldes sind außer den klimatischen auch Faktoren der Bodenbildung maßgebend. Die Zersetzung der Pflanzenreste (Holz, Nadeln, Moos) erfolgt nämlich bei dem herrschenden Feuchteüberschuß und der geringen Jahreswärme nur unvollständig, wobei sich nur Rohhumus mit stark wirksamen organischen Säuren bildet. Aus dem A-Horizont (Auswaschungshorizont) werden die Eisenverbindungen und Nährsalze durch das mit Humussäuren beladene Sickerwasser fortgeführt und im B-Horizont (Anreicherungshorizont) angesammelt. Als Ergebnis des komplizierten Prozesses entstehen saure, an löslichen Salzen und Humus arme Bleicherden (Podsol), auf denen nur Nadelhölzer existieren können. Zu über 80 Prozent herrschen in der Nadelwaldzone Podsolböden, verbreitet sind auch Moor- und Torfböden.

Entsprechend dem von Westen nach Osten härter werdenden klimatischen Bedingungen, die sich aus dem Schwinden des atlantischen Einflusses ergeben, wechselt das Bild der Nadelwaldzone: Im europäischen Teil bedeckt sie das Gebiet nordwärts der Linie Stockholm – Leningrad – südlicher Ural, und es überwiegt die Fichte. Daneben finden sich Kiefern auf besonders armen und trockenen Böden sowie vereinzelte Laubbäume (Birke, Espe, Erle).

In der westsibirischen Taiga, in der die Versumpfung und Vermoorung das höchste Ausmaß der ganzen Taigazone erreichen, beschränkt sich der geschlossene Nadelwald auf besser entwässerte, höher gelegene Standorte. Die am häufigsten vorkommenden Baumarten dieser *Sumpftaiga* sind die sibirische Lärche und die Zirbelkiefer.

Östlich des Jenissei, etwa bei 90° O, beginnt die ostsibirische Taiga. Hier, im extrem kontinentalen Klima, auf dem allgemein höheren und stärker gegliederten Relief sowie verbreitetem Dauerfrostboden hat die Lärche die absolute Vorherrschaft. Sie ist unempfindlich gegen die harten Winter, gedeiht auf den ärmsten Böden und ist als ausgesprochener Flachwurzeler den anderen Nadelholzarten überlegen.

Der nordamerikanische Nadelwaldgürtel zieht sich von Labrador und Neufundland quer durch den Kontinent bis zum Stillen Ozean. Douglastanne und Sitkafichte bilden an den reich beregneten Westküsten Britisch-Columbias (Kanada)

sowie der USA-Staaten Washington und Oregon dichte Bestände (vergleiche Atlas-karte „Nord- und Mittelamerika, mittlere jährliche Niederschläge“).

Große Bedeutung für den Menschen hat die Nadelwaldzone als Lieferant des Rohstoffes Holz. Von Jahrzehnt zu Jahrzehnt fortschreitend ist deshalb ihre Südgrenze immer weiter nach Norden gewandert, weil von den klimatisch begünstigten südlichen Teilen die Rodungen ausgingen. Da die Bäume unter den harten klimatischen Bedingungen nur langsam wachsen, ist ihr Holz sehr dicht und fest. Sowohl in der Taiga als auch in den nordamerikanischen Wäldern wird der Einschlag mehr und mehr mechanisiert. Während unter kapitalistischen Bedingungen jedoch dadurch verstärkt Raubbau getrieben wird, erfolgt in der Sowjetunion nicht nur der Einschlag planmäßig, sondern es wird auch planmäßig aufgeforstet.

Der Nadelwaldgürtel ist die Heimat einer Vielzahl von Pelztieren, deren Fang der ursprüngliche Anlaß für seine Erschließung war. Vor allem in den nördlichen Teilen sind die Pelze der Tiere wegen der Kälte sehr dicht und deshalb begehrt.

<i>Pelztiere der Nadelwaldzone</i>	
Sibirien	Eichhörnchen (Feh), Marder, Hermelin, Zobel, Fuchs, Nerz
Nordamerika	Biber, Nerz, Bisamratte, Skunk, Fuchs
In beiden Gebieten auch Pelztierzucht in großen Pelztierfarmen	

Die billigen und bequemen Transportwege der Wasserstraßen in der Nadelwaldzone haben nach wie vor ihre Bedeutung. Das erklärt sich vor allem daraus, daß die Menschen in immer stärkerem Maße bestrebt sind, die nördliche Nadelwaldzone wirtschaftlich zu nutzen. So werden heute schon vielerorts – vor allem in dem sibirischen Teil der Sowjetunion – Bodenschätze abgebaut und industriell verwertet. Außerdem gehen alle holzreichen und holzexportierenden Länder mehr und mehr dazu über, das Holz weitgehend selbst an Ort und Stelle zu verarbeiten (Sägewerke, Zellulosewerke, Papierfabriken).

2. Die Zone der sommergrünen Laub- und Mischwälder

Südwärts des Nadelwaldgürtels wandelt sich das Bild des Waldes wegen der größeren Sommerwärme und der mildereren, kürzeren Winter. Zwischen die Nadelbäume mischen sich mehr und mehr Laubbäume, die während der Vegetationsruhe im Winter das Laub abwerfen (daher sommergrüner oder winterkahler Wald).

a) Die Laub- und Mischwaldregion an den Westseiten der Nordkontinente

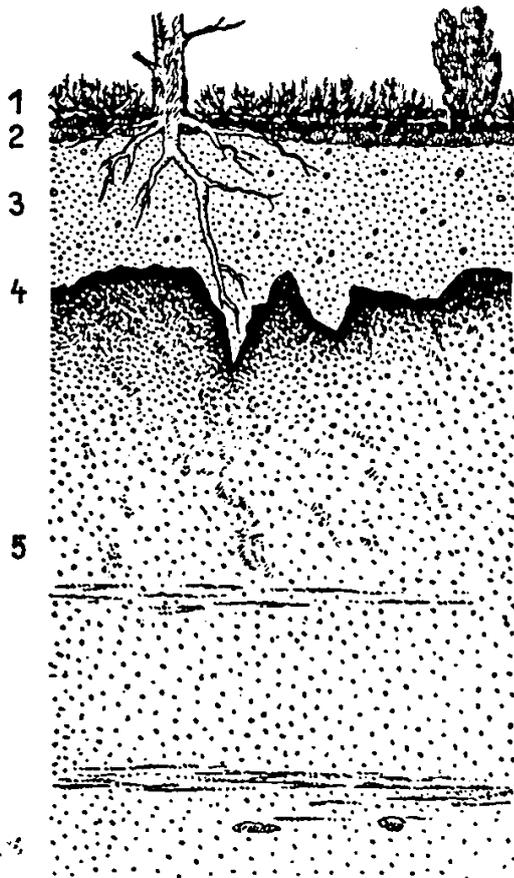
In Nordamerika ist der Waldgürtel am Westrand des Erdteils nur schmal ausgebildet, weil die feuchten Westwinde wegen der meridional verlaufenden hohen Gebirgsketten nicht in das Innere des Landes eindringen können. Hier überwiegen auch die Nadelhölzer (siehe Nadelwaldzone).

Anders in Europa: Ungehindert können die maritimen Luftmassen weit nach Osten vordringen. Im westlichen Teil herrscht im Vegetationskleid unter dem stärkeren ozeanischen Einfluß die Buche (Buchenmischwald). An der Linie Südschweden – Schwarzes Meer enden die Buchenvorkommen. Im Bereich des Übergangsklimas und bei nach Osten zunehmender Kontinentalität des Klimas tritt stärker die Eiche hervor (Eichenmischwald), die größere Sommerwärme und strengere Winterkälte verträgt sowie geringere Ansprüche an die Bodenqualität stellt. Zu Buche und Eiche kommen Linde, Ahorn, Esche, Birke und Pappel hinzu; auf ungünstigen Standorten sind Tannen, Fichten und Kiefern stärker vertreten.

Der Mischwaldstreifen zieht sich südlich der Linie Stockholm – Leningrad – Südrural, immer schmaler werdend, bis nach Westsibirien hinein, wo er dann aussetzt.

Auch in der Zone der sommergrünen Laub- und Mischwälder treffen wir auf Bleicherdeböden (siehe Nadelwaldzone). Im sehr feuchten atlantischen Bereich bilden die dem Oberboden entzogenen Stoffe (vor allem Eisenverbindungen) in der Anreicherungszone häufig harte Krusten (Ortstein). Diese Ortsteinkruste kann von Wurzeln nicht durchdrungen werden. Auf den nährstoffarmen Sandböden gedeihen deshalb nur dürre Kiefern-Heidewälder, durchsetzt mit Wacholderbüschen, oder das flachwurzelnende Heidekraut.

AUFGABE: Erläutern Sie am Beispiel der Lüneburger Heide, welchen Einfluß die Schafhaltung auf die Vegetation dieses Gebietes hatte!



Außerhalb des sehr feuchten atlantischen Bereichs ist die Auslaugung geringer. Bei den höheren Sommertemperaturen bildet sich auf den meist nährstoffreichen Böden eine gut zersetzte Humusdecke, die durch den Laubfall fortlaufend ergänzt wird und den darunterliegenden Boden dunkel färbt, so daß er als brauner Waldboden bezeichnet wird.

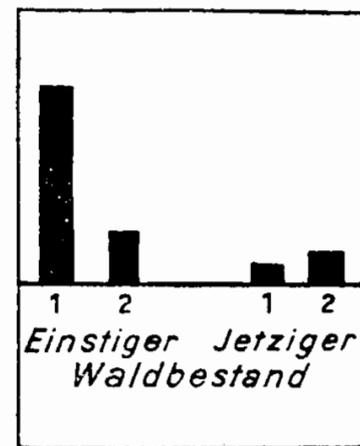
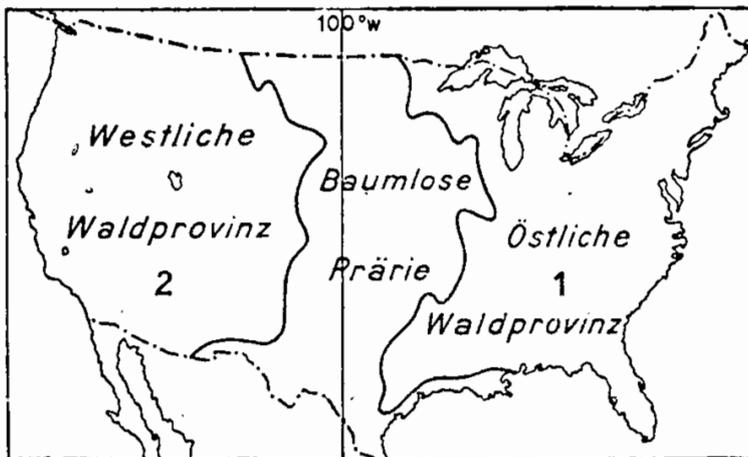
Profil durch Heideboden mit Ortsteinkruste

- 1 – Vegetationsdecke
- 2 – Rohhumusauflage
- 3 – Auslaugungshorizont
- 4 – Ortsteinkruste
- 5 – Unterboden

b) Die Laub- und Mischwaldregion an den Ostseiten der Nordkontinente

Erst im Fernen Osten der Sowjetunion, am Mittellauf des Amur, setzen wieder Laubwälder ein. Nördlich des 55. Breitenkreises (Kamtschatka, Kurilen, Küste des Ochotskischen Meeres) sind sie noch artenarm; schon in geringer Höhe über dem Meeresspiegel werden sie von Nadelwald abgelöst. Erst weiter südlich tritt trotz der kalten und trockenen Winter eine erstaunliche Artenfülle auf. Der Charakterbaum ist die Mongolische Eiche, dazu treten Linde, Ahorn, Ulme. Noch weiter im Süden kommt der Ostasiatische Korkbaum hinzu.

Im Osten Nordamerikas umrandet Mischwald die Großen Seen und zieht sich von den Neuenglandstaaten und den Appalachenhängen nach Westen bis zur 500 mm Isohyete (siehe Atlaskarte „Nord- und Mittelamerika, mittlere jährliche Niederschläge“). Auch dieser Mischwald ist artenreicher als der europäische, weil hier der Rückzug der Flora während des Eiszeitalters und die Wiederkehr nach dem Rückzug des Eises nicht durch Ost-West streichende Gebirge behindert wurden.



Rückgang des Waldes in den USA. – Begründen Sie den stärkeren Rückgang in der östlichen Waldprovinz! Denken Sie an die Besiedlungsgeschichte, die industrielle Entwicklung und an das Relief!

In die natürlichen Verhältnisse sowohl der europäischen als auch der amerikanischen Laub- und Mischwaldzone hat der Mensch seit langem eingegriffen und den Wald mehr und mehr zurückgedrängt. Bis auf wenige freie Stellen bedeckte ursprünglich Laub- und Mischwald ganz West- und Mitteleuropa. Die großen Rodungen (8. bis 13. Jahrhundert) und das spätere Aufkommen des Großgewerbes mit seinem großen Holzbedarf (Holzkohle), Jagd und Weidebetrieb, schließlich der Bergbau und die Vergrößerung der Ackerflächen ließen die natürlichen Bestände mehr und mehr schrumpfen.

Erst seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts vergrößerte sich der Waldbestand durch geregelte Wiederaufforstungen. Unter kapitalistischen Verhältnissen wurde der Wald jedoch zu einer Profitquelle: Schnellwachsende, viel Holzmasse bringende Bestände wurden aufgeforstet, vorwiegend Kiefern und Fichten in Reinbeständen.

AUFGABEN: 1. Wiederholen Sie, welche Rolle der Wald spielt a) für den Wasserhaushalt, b) als Schutz gegen Abspülvorgänge! – 2. Welche Nachteile sind mit Reinbeständen einer Baumart auf größeren Flächen verbunden? Denken Sie an den Schädlingsbefall, den Einfluß auf die Bodengüte, die erforderlichen Kahlschläge bei der Bestandserneuerung, Waldbrände und Windbruch! (Benutzen Sie Ihre Kenntnisse aus der 8. Klasse, in der Sie den Wald als Biozönose besprochen!) – 3. Erkunden Sie, welche waldwirtschaftlichen Maßnahmen in Ihrer Heimat durchgeführt werden oder geplant sind!

Der Wald in Zahlen

Waldfläche in % der Gesamtfläche
Deutsche Demokratische Republik 27,3
Frankreich 20,9
Belgien 19,3
Finnland 64,3
Sowjetunion 31,3

Anteil der Holzarten in der Deutschen Demokratischen Republik (in %)	
Fichte, Tanne	21,9
Kiefer, Lärche	57,6
Eiche	5,0
Buche und ähnliche Hölzer	10,0
Weichlaubhölzer	5,5

<i>Waldreichste Bezirke der Deutschen Demokratischen Republik</i>	
Bezirk Suhl	mit 49,8% der Gesamtfläche
Bezirk Cottbus	mit 41,7% der Gesamtfläche
<i>Waldärmster Bezirk der DDR</i>	
Bezirk Leipzig	mit 13,5% der Gesamtfläche

In den Jahren von 1950 bis 1959 sind in der Deutschen Demokratischen Republik 747850 Hektar neu oder wieder aufgeforstet worden. Alle Kahlfelder der Kriegs- und Nachkriegszeit wurden beseitigt. Angestrebt wird der biologisch gesunde Mischwald, der allerdings den Nachteil hat, daß forstwirtschaftliche Maschinen (Motorpflüge, Fräsen) nur schwer einzusetzen sind. Deshalb vermeidet unsere Forstwirtschaft den Mischwald mit Einzelstammkultur, sondern pflanzt Bestände, in denen eine bestimmte Baumart mehr oder weniger große Gehölzgruppen bildet.

3. Die Zone der winterkalten Steppen

Südlich der Mischwaldzone in den zentralen Teilen Eurasiens und Nordamerikas schaffen Meerferne und niedrige Breitenlage klimatische Verhältnisse, die dem Baumwuchs abträglich sind. Zunehmender Sommerwärme stehen Niederschläge gegenüber, die von etwa 500 mm auf Werte unter 250 mm sinken: In Eurasien von Westen nach Osten, in Nordamerika von Osten nach Westen (vergleiche Atlaskarten „Asien, mittlere jährliche Niederschläge“ und „Nord- und Mittelamerika, mittlere jährliche Niederschläge“). Die starke Kontinentalität des Klimas äußert sich in großen täglichen Temperaturschwankungen, trocken-heißen Sommern und sehr kalten

Wintern mit dünner Schneedecke. Hier liegt die Zone der *winterkalten Steppen*. (Sie sind von den wintertrockenen zu unterscheiden, die Sie noch kennenlernen werden.)

Rostow am Don 47° 13' N, 39° 43' O (48 m Meereshöhe)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	-6,1	-4,0	1,0	9,0	16,8	20,7	23,7	22,8	16,5	9,8	2,3	-2,5
N	32	41	30	38	41	68	52	24	26	34	42	36

Bismarck (Nord-Dakota) 46° 47' N, 100° 38' W (510 m Meereshöhe)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	-13,2	-12,5	-4,5	5,4	12,7	17,7	21,1	19,6	14,4	6,8	-2,3	-9,7
N	11	12	23	40	58	86	56	45	31	24	14	14

AUFGABEN: Errechnen Sie für beide Stationen die Jahresdurchschnittswerte der Temperatur und des Niederschlags! Stellen Sie die oben angegebenen Werte in Diagrammen dar!

Die meisten dieser winterkalten Steppen haben drei Jahreszeiten: Einen kalten, schneearmen Winter, einen warmen regenreichen Frühling und Frühsommer (verursacht durch die hier allmählich ausklingende Zyklontätigkeit des Westwindgürtels) und einen trocken-heißen Hochsommer. Wegen der ungleichen Niederschlagsverteilung über das Jahr herrschen günstigere Wachstumsbedingungen für eine Kraut- und Grasvegetation als für den Baumwuchs.

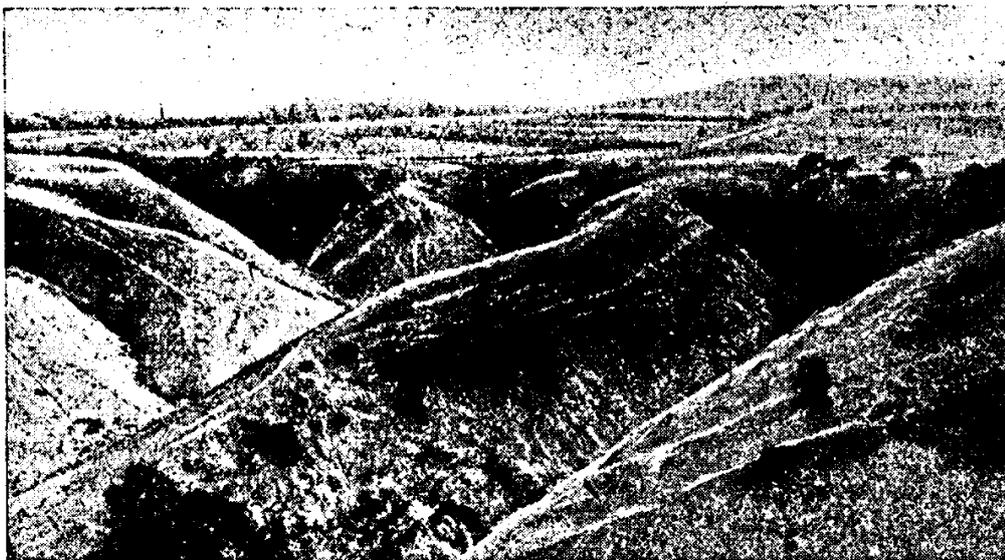
Am Rand zur Waldzone, in der *Waldsteppe*, mischen sich deshalb mehr und mehr Sträucher und Gräser in das Vegetationsbild, bis schließlich bei zunehmender Trockenheit und Kontinentalität in der eigentlichen *Steppe* (auch Grassteppe genannt) Kräuter und Gräser allein herrschen. Ihr dicht verzweigtes Wurzelsystem ermöglicht die Aufnahme auch der geringsten Feuchtigkeitsmengen. Nach der langen Winterruhe entfalten sich im Frühjahr Wachstum und Blüte schnell; braun und verdorrt dagegen liegt die Steppe während der heißen Sommermonate.

Die weit verbreiteten Lößböden sind unter den gegebenen klimatischen und Vegetationsbedingungen zu fruchtbarer Schwarzerde umgebildet worden (vergleiche Seiten 129 und 130). Die Niederschläge sind zu gering, um den jährlichen Humuszuwachs auszuwaschen. In den Trockenzeiten wird die mächtige dunkle Humusdecke noch durch kapillar aufsteigendes Wasser mit Nährsalzen angereichert. In den trockenen Teilen der Steppe sinkt der Humusgehalt der Schwarzerde mit dem geringer werdenden Pflanzenwuchs, die Versalzung des Bodens steigt dagegen. Die humusreiche Schwarzerde der Waldsteppe geht allmählich in die humusärmeren kastanienfarbigen Böden der noch feuchteren Steppe über, an die sich Grauerden der trockenen Salzsteppe anschließen.

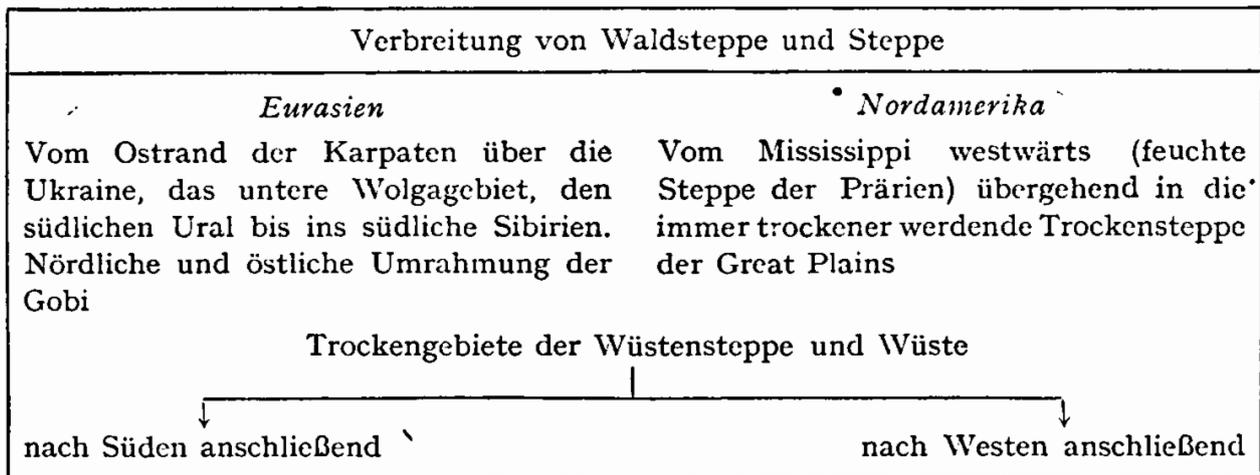
Im Übergangsbereich der Waldsteppe zur Steppe – nicht in der eigentlichen Steppe – erreicht die Schwarzerde ihre größte Mächtigkeit und bietet günstigste Anbaubedingungen für hochwertige landwirtschaftliche Produkte. Deshalb hat hier der Mensch in großem Umfang verändernd in das geographische Milieu eingegriffen und die natürliche Vegetation beseitigt. Auf riesigen Flächen dehnen sich unübersehbare Getreide-, Zuckerrüben-, Mohn-, Sonnenblumen- und Flachsfelder.

AUFGABEN: 1. Stellen Sie nach der Atlaskarte „Erde, Bodennutzung“ die Nutzung des Steppengürtels durch Ackerbau und Viehzucht zusammen! – 2. Geben Sie eine zusammenfassende Darstellung aller Maßnahmen, die in der Sowjetunion getroffen wurden, um die Anbaugelände im Schwarzerdegürtel zu vergrößern! Wo liegen die Hauptweizenbezirke der Sowjetunion? – 3. Erklären Sie die Entstehung des Löß und seine Weiterentwicklung zu Schwarzerde! – 4. Wo liegen die Schwarzerdegebiete der Deutschen Demokratischen Republik? Wie werden sie genutzt? – 5. Begründen Sie, weshalb der Steppengürtel der gemäßigten Breiten auf der Südhalbkugel nur geringe Ausdehnung hat!

Die im eurasiatischen Steppengürtel von Norden nach Süden beziehungsweise Südosten abnehmende Niederschlagshöhe, Luftfeuchte und Bewölkung wirken sich entsprechend auf die Flußdichte, die Wasserführung der Flüsse und die Erosionsfähigkeit aus. Im feuchten nördlichen und westlichen Bereich ist das Flußnetz noch verhältnismäßig dicht. Im Frühjahr treten die Flüsse oft über die Ufer, im Sommer ist die Wasserführung wesentlich geringer. In den im Frühjahr noch gefrorenen Untergrund schneiden die Flüsse tief ihre Betten ein; die Hänge der Flußtäler sind von zahlreichen tiefen Schluchten zerfurcht, besonders auf den Mittellrussischen Höhen. In der trockenen Steppe und der Wüstensteppe versiegen die kleineren Flußläufe längere Zeit und münden in abflußlose Senken oder Seen.



Erosionsschluchten im Steppengebiet

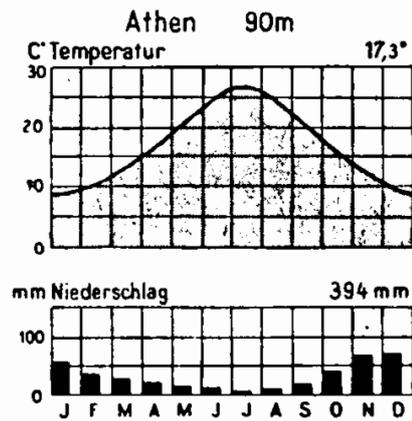


AUFGABEN: 1. Erläutern Sie die Folgen der Monokultur in den großen Getreideanbaugebieten der Steppenzone! Welche Maßnahmen hat die Sowjetunion dagegen getroffen? Gehen Sie besonders auf die Bodenerosion ein! – 2. Durch welche Maßnahmen auf wasserwirtschaftlichem Gebiet wurden die Trockengebiete im Süden der Sowjetunion dem Anbau erschlossen? Welche Kulturen werden angebaut? – 3. Weisen Sie mit Hilfe der Atlaskarte „Moskau-Ural-Donetzbecken“ nach, in welcher Weise das Gewässernetz sich mit dem Übergang von der Waldsteppe zur Steppe und Wüstensteppe ändert! Achten Sie auf die Flußdichte, fehlende Nebenflüsse und „Nebenflüsse“, die den Hauptstrom nicht erreichen, Endseen, Eingriffe des Menschen in den natürlichen Abfluß! – 4. Sprechen Sie über die Umwandlung der Wüsten in der Sowjetunion!

III. Die Zone der Hartlaubgewächse

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie den Begriff Wechselklima am Beispiel der subtropischen Winterregengebiete! Werten Sie das Diagramm auf Seite 166 aus! – 2. Begründen Sie, weshalb die subtropische Klimazone an den Westseiten der Kontinente nur im europäischen Mittelmeerraum größere Ausdehnung hat! Benutzen Sie die Atlaskarten „Erde, Oberflächenformen“ und „Erde, Klimazonen“! – 3. Wo liegen die außereuropäischen subtropischen Winterregengebiete? – 4. Welche besonderen Anpassungsformen der Vegetation haben Sie bei der Behandlung der Mittelmeerländer kennengelernt?

Der subtropische Klimabereich an den Westseiten der Kontinente zwischen etwa 30° und 40° Breite erhält sein Gepräge durch den Wechsel von warmen bis heißen, trockenen Sommern und relativ milden, feuchten Wintern. Seine größte Ausdehnung hat er im europäischen Mittelmeerraum, den wir anschließend betrachten.



Klimadiagramm von Athen

Durch keine meridional verlaufenden Gebirgsschranken behindert, können im Winter die feuchten Luftmassen des Westwindgürtels mit ihren wandernden Depressionen weit nach Osten in den Mittelmeerraum eindringen. Ihr Einfluß schwächt sich nach Osten hin ab (Gibraltar 820 mm, Nikosia auf Zypern 360 mm Niederschlag). Auch in nordsüdlicher Richtung macht sich eine deutliche Abstufung der Niederschläge bemerkbar: Während am polwärts gelegenen Rand des Mittelmeergebietes nur die Hauptsommermonate trocken sind mit gelegentlichen Regenfällen (Gewittergüssen), kann die Trockenzeit am Rande zur Passatzzone mehr als 9 Monate anhalten.

Die Vegetation paßt sich den klimatischen Bedingungen an: Abgesehen von den zahlreichen Frühjahrsblühern, die im Sommer verdorren, zeigen die ausdauernden Pflanzen Schutzmaßnahmen gegen zu starke Verdunstung. Charakteristisch sind kleine, stark behaarte oder mit einem wachsartigen Überzug versehene Blätter, die dadurch hart und dick, lederartig erscheinen (Myrte, Lorbeer, Oleander, Zitrone, Apfelsine). Andere Pflanzen stellen die Blätter parallel zu den einfallenden Sonnenstrahlen oder sondern auf der Blattoberfläche ätherische Öle ab (Lavendel).

Der typische Vertreter der Mittelmeervegetation ist der knorrige Ölbaum, aus dessen Früchten (Oliven) das Olivenöl gewonnen wird. Nur dort, wo der Ölbaum gedeihen kann, treffen wir auf die für die Mittelmeerlandschaft typische Hartlaubvegetation.



Ölbaumhain

AUFGABE: Verfolgen Sie die Nordgrenze des Olivenanbaus auf der Atlaskarte „Europa, Bodennutzung“! Vergleichen Sie mit der Atlaskarte „Europa, wirkliche mittlere Januar-Temperaturen“!



Macchie an der algerischen Küste

Weitere Charakterbäume sind die immergrüne Korkeiche, die Edelkastanie und der Maulbeerbaum. Sie bilden nur lichte Haine. Infolge Eingriffs des Menschen (Abholzen ohne Wiederaufforstung, Verbiß durch Weidevieh) fehlt der ursprünglich vorhandene Wald, der früher ab 600 m Höhe lichte sommergrüne Hochwälder aus Eichen, Edelkastanien und Walnußbäumen bildete. An die Stelle des Waldes ist ein immergrünes dürftiges Dornengestrüpp aus Hartlaubgewächsen getreten, die *Macchie*.

Herbst und Frühling, in geringerem Maße der Winter, sind die wichtigen Wachstumszeiten. Bereits im Mai beginnt die Getreideernte. Der Blütenpracht des Frühlings und seinem frischen Grün steht der dürre, staubige und sengend heiße Sommer gegenüber. An die Stelle der winterlichen Kälteruhe der Vegetation tritt die sommerliche Trockenruhe. Die Citrusfrüchte (Zitronen, Mandarinen, Pampelmusen) erfordern während des Sommers künstliche Bewässerung. Vor allem in den Flußbeckenslandschaften und den Küstenebenen ist die Bewässerungskultur seit dem Altertum verbreitet.

Wegen des Fehlens saftiggrüner Wiesen treten an die Stelle des Großviehs Schaf- und Ziegenherden auf dürftigen Trockenweiden.

Die Wasserführung der Flüsse widerspiegelt die Niederschlagsverhältnisse. Abgesehen von den aus den Alpen und den Pyrenäen kommenden Flüssen, die sommerliches Hochwasser infolge der Schneeschmelze führen, liegt der Höchststand bei

den anderen Flüssen in den Monaten Dezember bis März. In den Sommermonaten trocknen sie fast aus. Bei plötzlichen heftigen Regengüssen kommt es zu verheerenden Hochwässern mit starkem Materialtransport.

AUFGABEN: 1. Stellen Sie in einer Tabelle alle Gebiete der Erde mit Hartlaubvegetation zusammen! – 2. Welche Anbauprodukte sind im europäischen Mittelmeergebiet besonders verbreitet? Werten Sie dazu die Atlaskarte „Europa, Bodennutzung“ aus! – 3. Erklären Sie die große Schuttführung der Flüsse aus dem Zusammenwirken von Klima, Verwitterung, Relief und Eingriff des Menschen in die Vegetation! Warum ist die flächenhafte Abspülung verbreitet? – 4. Nennen Sie ein Gebiet mit Karsterscheinungen im Mittelmeerraum! Erklären Sie die Besonderheiten seiner Vegetation!

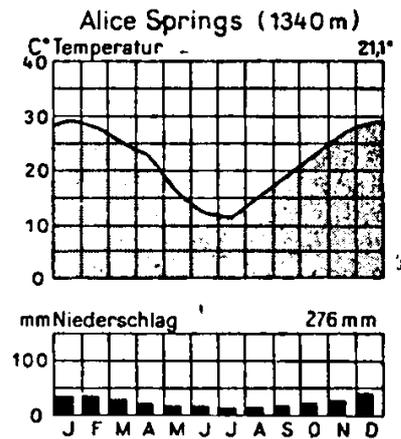
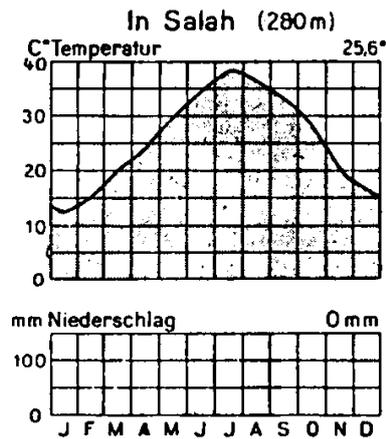
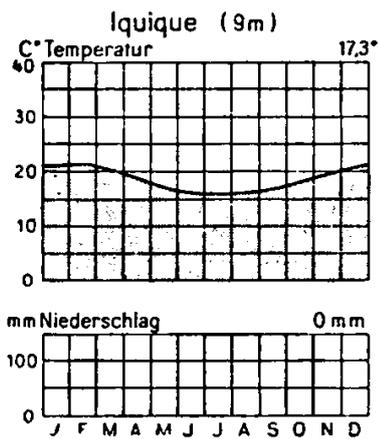
IV. Die Zone der tropischen Wüsten und Halbwüsten

Während die Zone der Hartlaubgehölze nur zeitweilig unter den Einfluß der Passatströmungen gerät, herrschen in den tropischen Wüsten und Halbwüsten ganzjährig trockene Passatwinde, so daß sie als *Passatwüsten* bezeichnet werden. Das gesamte geographische Milieu, das Leben von Mensch und Tier werden geprägt durch das fast völlige Fehlen der Niederschläge bei ganzjährig hohen Temperaturen.

AUFGABEN: 1. Erklären Sie die Entstehung der Passatwüsten in Nordafrika (Sahara) und Arabien, der Namib in Südafrika, der Wüsten in NW- und Inneraustralien, der Atacama in Südamerika und der niederkalifornischen Wüste in Nordamerika! Benutzen Sie Ihre Kenntnisse aus der Behandlung der Klimazonen in der 7. und 8. Klasse und werten Sie die Atlaskarten „Erde, Temperaturen und Niederschläge“ und „Erde, Klimazonen“ aus! Achten Sie auf die Rolle der Meeresströmungen und des Auftriebwassers! – 2. Begründen Sie, weshalb an den Ostseiten der Kontinente in der Breitenlage der Passatwüsten vielfach feuchtes Passatklima herrscht! – 3. Warum sind die Passatwüsten in beiden amerikanischen Kontinenten nur schmal?

Unbarmherzig brennt die Sonne in der Wüste vom fast immer wolkenlosen Himmel. Schattentemperaturen von über 50 °C sind keine Seltenheit, mittags werden oft Bodentemperaturen von 60 bis 70 °C gemessen. Die geringe relative Luftfeuchte von meist nur 15 bis 20 Prozent bewirkt, daß die Fingernägel brüchig werden, die Lippen aufspringen und die Haut schrumpft.

Der starken Einstrahlung am Tage entspricht die nächtliche Ausstrahlung. Nachts sind während des Winters sogar Bodenfröste möglich. Die tägliche Temperaturschwankung ist groß. Langwallende wollene weiße Gewänder schützen den Wüstenbewohner vor der Hitze des Tages und der Kühle der Nacht.



Klimadiagramme von Iquique, In Salah und Alice Springs. – Neben der täglichen ist auch die jährliche Temperaturschwankung sehr groß. Warum ist sie in Iquique wenig deutlich? (Achten Sie auf die Lage!)

Niederschläge gibt es in allen Wüsten der Erde, nur sind sie sehr selten und dazu unregelmäßig über die Jahre verteilt. Außerdem sind sie viel zu gering. Manchmal vergehen Jahrzehnte ohne einen Tropfen Regen, häufig verdunstet bei den hohen Temperaturen auch der Niederschlag, ehe er den Erdboden erreicht hat. Kommt es – oft nach jahrelanger Trockenheit – zu einem plötzlichen Wolkenbruch, dann stürzen die Wassermassen als Schichtfluten über die Hänge oder strömen mit großer Wucht durch die sonst trocken liegenden Täler, die in der Sahara und in Arabien den Namen *Wadi* tragen.



Wadi in der Wüste. Diese heutigen Trockentäler sind in früheren regenreicheren Epochen entstanden. Unter den jetzigen klimatischen Bedingungen könnten sie sich nicht bilden

Ausdorrend wirkt der trockene, durch keine Vegetation gehemmte Wind, dessen abtragende und ablagernde Wirkung sich voll entfalten kann und dem die intensive mechanische Verwitterung immer wieder lockeres Gesteinsmaterial zur Verfügung stellt.

AUFGABEN: 1. Berichten Sie über Ausblasungs- (Deflations-), Korrasions- und Ablagerungserscheinungen, die durch den Wind erzeugt werden! – 2. Welche Form der mechanischen Verwitterung ist in Wüstengebieten verbreitet? – 3. Wie erklären Sie, daß Felsgebirge in der Wüste (zum Beispiel Ahaggar und Tibesti in der Sahara, Atlaskarte „Nordafrika“) am Fuß ihrer immer sehr steilen Hänge einen hoch hinaufreichenden Schutt-mantel tragen?

Aus den besonderen klimatischen Bedingungen erwächst das Kennzeichen aller Halbwüsten und Wüsten: die Vegetationsarmut oder das Fehlen jeder Vegetation.

An den Rändern der Kern- oder Vollwüste, in der Halbwüste, genügen die unter 100 mm liegenden Jahresniederschläge noch für eine den besonderen Bedingungen angepaßte Vegetation: weitständige Büschel von Hartgräsern und Kräutern mit Polsterwuchs; kleine Blätter oder Dornen statt Blätter sollen die Verdunstung auf ein Mindestmaß reduzieren; weit ausgreifende, tiefreichende Wurzeln ermöglichen die Aufnahme auch kleinster Feuchtigkeitsmengen aus gelegentlichen Niederschlägen oder dem spärlichen Grundwasser.

Vegetationsarmut oder Vegetationslosigkeit der Halbwüsten und Wüsten sind lediglich eine Folge des Wassermangels. Der Wüstenboden enthält nämlich Pflanzen-nährstoffe in großer Menge, weil sie nicht durch Niederschläge ausgewaschen werden. Überall dort, wo Grundwasser zutage tritt oder der Boden künstlich bewässert wird, entfaltet sich erstaunlicher Pflanzenwuchs. Nur wenige Regentage vermögen eine intensiv blühende kurzlebige Regenflora hervorzubringen, deren Samen oder Knol-len die Trockenperiode überdauern.

Grüne Vegetationsinseln in der Trostlosigkeit der Wüste sind die *Oasen*. Ihre Brunnen erschließen das Grundwasser, das in Senken oder am Grunde der Wadis nahe an die Oberfläche tritt. Zum Teil wird das Wasser auch in kilometerlangen Stollen aus höher gelegenen Gebieten herangeführt, an deren Luvseiten auch der sonst trockene Passat noch geringe Niederschläge abgibt. Mehrere hundert Kilometer lang sind die Wasserleitungen, die den Bergbausiedlungen in der Atacama Trinkwasser aus den Anden zuführen. In der australischen Wüste liefern artesische Brunnen das begehrte Wasser, das den Niederschlägen am gebirgigen Ostrand des Erd-teils entstammt. Größte Ausdehnung haben die Stromoasen beiderseits von Fremd-lingströmen, wie etwa am Nil.

Auch in den Passatwüsten gelingt es dem Menschen in steigendem Maße, die Ungunst des geographischen Milieus zu überwinden. Autopisten mit regelmäßig verkehrenden Wüstenomnibussen sowie Flugzeuge erschließen zum Beispiel die Sahara dem Verkehr, besonders seit die dort entdeckten Erdölvorkommen den

kapitalistischen Unternehmern große Profite versprechen. Das Kamel, früher das einzige Verkehrsmittel („Wüstenschiff“), wird dennoch nicht sobald verschwinden.

AUFGABEN: 1. Berichten Sie über die Oasenkulturen in Afrika! Berücksichtigen Sie Ihre Kenntnisse aus der 8. Klasse! – 2. Erklären Sie die Entstehung artesischer Brunnen (siehe Seite 77)! – 3. Begründen Sie, weshalb die Temperaturmaxima der Erde nicht im Äquatorbereich, sondern in den Passatwüsten des nördlichen und südlichen Wendekreises auftreten! – 4. Vergleichen Sie die Wüsten der gemäßigten Zone mit den Passatwüsten hinsichtlich ihrer Entstehung!

V. Die Zone der tropischen Grasländer

Äquatorwärts schließt an die trockene Passatregion eine Zone an, für die nicht mehr die Trockenheit charakteristisch ist, sondern in der

- a) die Niederschläge zunehmen, je mehr wir uns dem Äquator nähern,
 - b) in einem bestimmten jahreszeitlichen Rhythmus, der an das Wandern des Sonnenhöchststandes gebunden ist, Regenzeiten mit Trockenzeiten wechseln.
- Wir befinden uns im Bereich des tropischen Wechselklimas.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie die Einstrahlungsverhältnisse in der tropischen Zone! Wie wechselt der mittägliche Zenitstand der Sonne zwischen den Wendekreisen? – 2. Charakterisieren Sie das tropische Wechselklima!

Die Landschaft dieser tropischen Zone wird allgemein als *Savanne* bezeichnet. Savannen legen sich als lückenhafte Gürtel um die tropischen Regenwälder des Kongo (zum Beispiel Sudan) und des Amazonas (zum Beispiel Llanos am Orinoco, die brasilianischen Campos und das Gran-Chaco-Gebiet), sie sind auch in Australien verbreitet. Entsprechend den klimatischen Bedingungen lassen sich drei Abstufungen innerhalb des Savannengürtels unterscheiden, die nicht scharf gegeneinander abgegrenzt sind, vielmehr allmählich ineinander übergehen.

1. Die Dornsavanne (Dornbuschsteppe)

Regenzeit: 2 bis 4 Monate.

Niederschlagshöhe: bis 500 mm.

Niederschlagsgang in El-Obeid (Sudan) 13° 11' N, 30° 10' O; 554 m Meereshöhe												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr: 361 mm
0	0	0	0	18	38	97	117	76	15	0	0	



Dornsavanne

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie an Hand der Angaben auf Seite 171 unten die Verteilung der Niederschläge! - 2. Warum sind Mai und Oktober bei den gegebenen hohen Temperaturen praktisch ebenfalls Trockenmonate (siehe Atlaskarten „Afrika, wirkliche mittlere Januar- und Julitemperaturen“)?

Die Dornsavanne ist der Übergangsaum von der Halbwüste zur Savanne. Eine zusammenhängende Vegetationsdecke existiert nicht. Neben den vereinzelt kurzen Grasbüscheln können nur Dornsträucher und wasserspeichernde Pflanzen die lange Trockenzeit über-

stehen. In Amerika sind es Kakteen und Agaven, in Afrika Aloe Arten und Wolfsmilchgewächse, in Australien Akazien- und Eukalyptusbüsche. Bäume fehlen überall.

2. Die Trockensavanne (tropische Steppe)

Regenzeit: 4 bis 7 Monate.

Niederschlagshöhe: 500 bis 1000 mm.

Niederschlagsgang in Kano (Nigeria) 12° N, 8° 32' O; 468 m Meereshöhe												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr: 847 mm
0	0	0	10	66	114	203	315	127	12	0	0	

Die Grasflur ist auch hier noch nicht zusammenhängend. Infolge der kürzeren Trockenzeit ist das Gras schon bis zu 1 m hoch und mit vereinzelt auftretenden Bäumen durchsetzt, die in der Trockenzeit das Laub abwerfen. In ihren dicken, knorrigen Stämmen besitzen sie zum Teil Speicherorgane für das Wasser (Affenbrotbaum). Typisch sind wenig belaubte, kleinblättrige Bäume mit Schirmwuchs (Schirmakazien).



Akazienwald in Äthiopien

3. Die Feuchtsavanne

Regenzeit: 7 bis 10 Monate.

Niederschlagshöhe: 1000 bis 1500 mm.

Niederschlagsgang in Ibadan (Nigeria) 7° 26' N, 3° 54' O; 224 m Meereshöhe												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr: 1229mm
10	23	89	140	150	191	160	86	178	155	43	10	

AUFGABEN: 1. Stellen Sie die Werte in einer Kurve dar! - 2. Erklären Sie das Auftreten zweier Regenzeiten!

In diesem Grenzsäum zu den tropischen Regenwäldern ist ebenfalls das Gras vorherrschend, das aber hier 2 bis 4 m Höhe erreicht. Die schon häufigeren Baumgruppen und Einzelbäume erwecken den Eindruck einer offenen Parklandschaft. Dieses Bild steht in auffälligem Gegensatz zu der üppig wuchernden Laubfülle der Galeriewälder, die sich an den Flußläufen entlangziehen, sofern diese ganzjährig Wasser führen (vergleiche Abbildung auf Seite 174).



Feuchtsavanne
im südlichen
Sudan



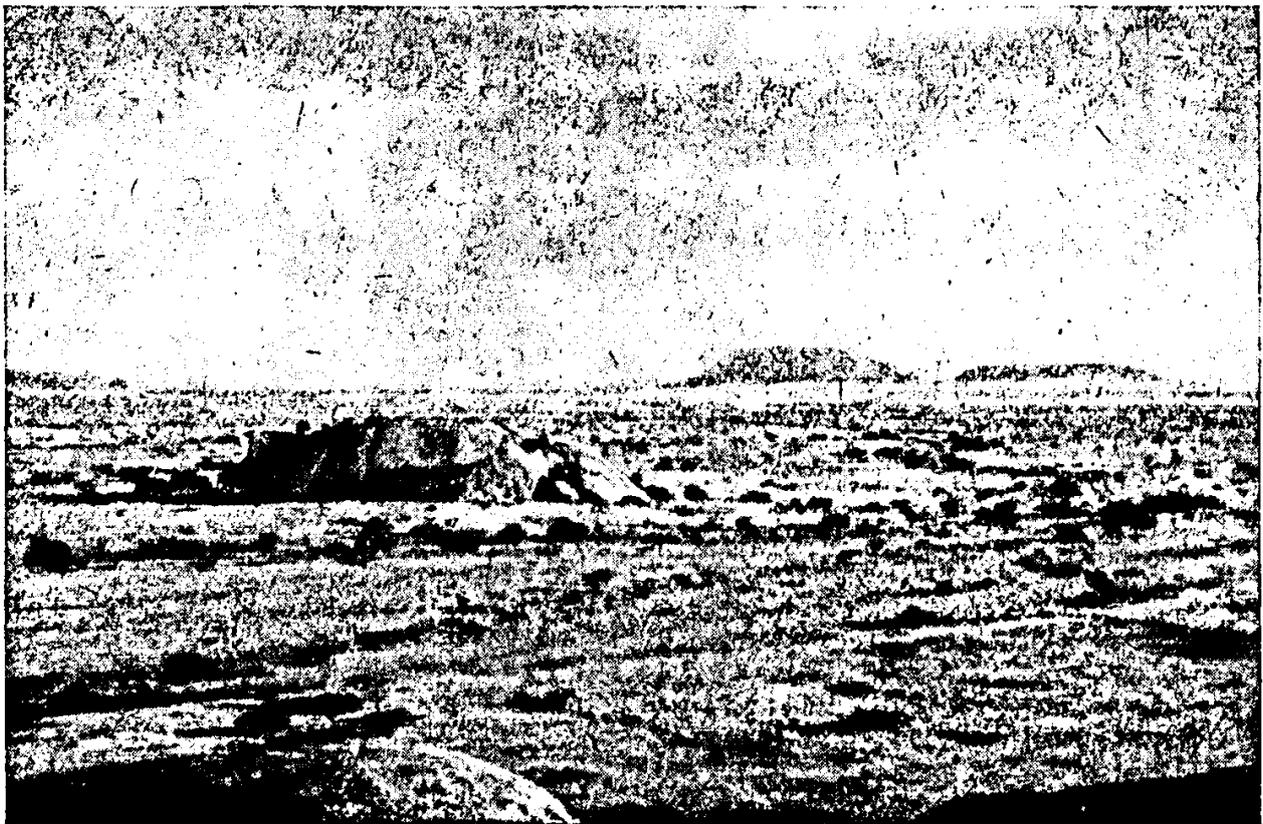
Galeriewald

Der regelmäßige Wechsel von Regen- und Trockenzeiten in den tropischen Grasländern prägt sich auch in der Wasserführung der Flüsse aus. Ausgetrocknet liegen die kleineren Wasserläufe während der Trockenperiode, in anderen halten sich vereinzelte Wassertümpel. Nur die großen Ströme führen ganzjährig Wasser. Sobald unmittelbar nach dem Höchststand der Sonne die Regenzeit mit gewaltigen Platzregen und Wolkenbrüchen einsetzt, füllt sich das Flußbett rasch. Über die Hänge

strömen zentimeterhohe Schichtfluten und reißen den Boden zwischen den Grasbüscheln auf. Wo sich die Wassermassen in flachen Wannen mit tonigem Untergrund sammeln, überzieht sich, wenn das Wasser später verdunstet, der Boden mit ausblühendem Salz. Eine solche Salzpflanze ist die mehrere Tausend Quadratkilometer große Etoscha-Pfanne in Südafrika (siehe Atlaskarte „Südafrika“).

Auch die Verwitterungsvorgänge sind dem Rhythmus Regenzeit-Trockenzeit unterworfen. Intensive chemische Verwitterung in der Regenzeit bewirkt tiefgründige Auflösung des festen Gesteins. In der Trockenzeit ist ebenso intensiv die mechanische Verwitterung am Werk. Das in großer Menge anfallende Verwitterungsmaterial wird durch die reichlichen Wassermengen der Regenzeit rasch fortgeführt, so daß die allgemeine Landabtragung erstaunlich groß ist. Steile, wie Inseln aus den weit verbreiteten ebenen Flächen aufragende Berge sind charakteristisch für die wechselfeuchten Tropen.

AUFGABE: Verfolgen Sie auf den Atlaskarten „Afrika, natürliche Vegetationsgebiete“, „Australien, natürliche Vegetationsgebiete“ und „Südamerika, natürliche Vegetationsgebiete“ die Verbreitung von Feucht- und Trockensavanne!



Inselberglandschaft in Südafrika. – Erklären Sie das Fehlen des Schuttmantels am Fuße der Inselberge!

Auch die wirtschaftliche Nutzung der tropischen Grasländer paßt sich den natürlichen Voraussetzungen an. Die offene Weite der Trockensavanne war von jeher die Heimat vieler Großtiere (Büffel, Giraffe, Zebra, Antilope). Hier entstanden große Viehzuchtgebiete mit riesigen Rinder- und Schafherden (Brasilien, Australien, Südafrika), in deren Großfarmen Wolle und Fleisch für den Weltmarkt produziert werden. Auf ausgedehnten bewässerten Flächen gedeiht Baumwolle (Sudan). In der Feuchtsavanne überwiegt infolge der günstigeren Niederschlagsverhältnisse der Ackerbau (Hirse und Erdnuß). Rinderhaltung ist wegen der Tsetsefliege, die die Rinderpest (Nagana) überträgt, nicht möglich. Insgesamt würden sich bei Ausbau der künstlichen Bewässerung noch weite Gebiete für den Anbau erschließen lassen.

AUFGABEN: 1. Erläutern Sie an Hand der Atlaskarten „Erde, Bodennutzung“ und „Erde, natürliche Vegetationsgebiete und Meeresströmungen“ die landwirtschaftliche Nutzung der tropischen Grasländer! - 2. Welche Unterschiede bestehen zwischen den tropischen (wintertrockenen) und den winterkalten Steppen der nördlichen gemäßigten Zone?

VI. Die Zone der tropischen Regenwälder



Gleichbleibende hohe Temperaturen und reichliche Niederschläge während des ganzen Jahres sind die Besonderheiten dieser Zone, der demzufolge auch die Jahreszeiten fehlen. Wasser- und Wärmefülle spiegeln sich unmittelbar wider in der üppig wuchernden Vegetation, wie sie uns im tropischen Regenwald entgegentritt.

Tropischer Regenwald
in Ostafrika

Iquitos 3° 45' S 73° 12' W; 106 m Meereshöhe												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niederschlag	259	249	310	165	254	188	167	117	221	183	213	292
Temperatur	25,3	25,7	24,6	25,0	24,2	23,5	23,4	24,6	24,6	25,1	25,8	25,5
												Jahr: 2618 mm
												Jahr: 24,8 °C

Stanleyville 0° 26' N 25° 14' O; 411 m Meereshöhe												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niederschlag	43	69	183	175	142	102	132	147	183	208	183	94
Temperatur	25,8	25,8	25,8	26,1	25,8	25,5	24,1	24,1	24,7	25,0	24,7	25,0
												Jahr: 1661 mm
												Jahr: 25,2 °C

Singapur 1° 18' N 103° 51' O; 5 m Meereshöhe												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niederschlag	246	181	185	197	166	177	169	198	175	201	256	263
Temperatur	25,5	25,8	26,3	26,6	27,0	26,6	26,8	26,5	26,4	26,5	26,1	25,7
												Jahr: 2415 mm
												Jahr: 26,3 °C

AUFGABEN:

1. Fertigen Sie für die Orte Iquitos, Stanleyville und Singapur Klimadiagramme an! Werten Sie diese unter folgenden Gesichtspunkten aus: Wie ist die Verteilung der Niederschläge im Laufe des Jahres? Wann treten Maxima und Minima auf? Wie ist die Niederschlagshöhe zu erklären? Wie ist der Jahresgang der Temperatur? Wie ist die geringe Temperaturschwankung zu erklären? – 2. Verfolgen Sie auf der Atlaskarte „Afrika, natürliche Vegetationsgebiete“ die Verbreitung des tropischen Regenwaldes in Afrika! Weshalb tritt er im Osten des Kontinents nur inselhaft auf? – 3. Stellen Sie an Hand von Atlaskarten fest, welche Länder größeren Anteil an der Zone der tropischen Regenwälder haben! – 4. Auf den Inseln des Malaisischen Archipels ist der tropische Regenwald überwiegend nur an den Luvseiten der Gebirge verbreitet. Geben Sie hierfür eine Begründung!

Klimatische Voraussetzungen für den tropischen Regenwald:

Gleichmäßige Monatstemperaturen um 25 °C, jedoch nicht unter 20 °C.

Jahresregenmenge über 1500 mm, keine eigentliche Trockenzeit (die geringere Niederschlagshöhe zwischen den Hauptregenzeiten bleibt wegen der großen Bodenfeuchte und der hohen relativen Luftfeuchte ohne Einfluß). Treibhauschwüle.

Charakter:

Stockwerkartiger Aufbau:

Bodenwuchs: Kräuter, Farne, Moose

3 bis 10 m hoch: Büsche, Jungwuchs

30 bis 40 m hoch: Vielzahl der Bäume

50 bis 60 m hoch: Einzelne Baumriesen mit Brettwurzeln

Alles durchdringend eine Vielzahl von Schlinggewächsen und Epiphyten.

Großer Artenreichtum: 1200 bis 1500 verschiedene Baumarten (auf dem Territorium beider deutscher Staaten sind es 35).

Keine Vegetationsperioden: regelloser Blattwechsel, gleichzeitiges Blühen, Fruchttragen und Reifen, Wachsen und Vergehen. Schnelles Wachsen der Bäume, keine Jahresringe.

Tierwelt (Auswahl)

Kongobecken	Amazonasbecken	SO-Asien
Elefant, Nashorn, Leopard, Okapi, Flußpferd, Krokodil, Wildschwein, Affen, Schlangen, Papageien	Puma, Jaguar, Tapir, Wildschwein, Faultier, Krokodil, Schildkröte, Papagei, Kolibri	Tiger, Elefant, Büffel, Nashorn, Tapir, Wildschwein, Affen
Zahllose Arten von Vögeln und Insekten, Fischreichtum in den Flüssen		

AUFGABEN: 1. Geben Sie nach einer literarischen Quelle eine bildhafte Darstellung vom Aussehen des tropischen Regenwaldes! - 2. Inwiefern ist die Tierwelt des tropischen Regenwaldes den besonderen Lebensbedingungen angepaßt?

Bei dem gegebenen Wasser- und Wärmeüberschuß laufen die Verwitterungsprozesse außerordentlich rasch ab; vor allem die chemische Verwitterung wirkt tiefgründig. Bis zu 100 m dick ist stellenweise der Verwitterungslehm, der meist durch Eisenverbindungen rot gefärbt ist. Infolge der raschen Zersetzung der anfallenden Humusstoffe und der Auslaugung der obersten Bodenschicht gedeiht die üppige Vegetation des tropischen Regenwaldes eigenartigerweise auf einem keineswegs fruchtbaren Boden, sondern sie ernährt sich eher von dem Abfall, den sie selbst erzeugt.

Sämtliche Flüsse des tropischen Regenwaldes zeichnen sich durch große Wasserführung aus. In der Zeit des stärksten Regenfalls überschwemmen sie weite Uferstrecken. Tausende Quadratkilometer Land stehen dann unter Wasser.

mittlere jährliche Wasserführung	
Amazonas	120 000 m ³ /s
Kongo	75 000 m ³ /s
Wolga (zum Vergleich)	10 000 m ³ /s
Elbe (zum Vergleich)	710 m ³ /s

Erst außerhalb der Überschwemmungszone, der die Boden- und Buschvegetation wegen des Hochwassers fehlt, beginnt das Dickicht des tropischen Regenwaldes. Als Galeriewald zieht er sich an den Flußläufen bis in die Feuchtsavanne hinein.

- AUFGABE: Begründen Sie aus den Bodenverhältnissen folgende Tatsachen:
- In höher gelegenen Gelände, besonders im Gebirge, sind die Flußtäler tief eingeschnitten. Anstehender Fels und Gerölle sind selten.
 - An den Talhängen treten häufig Rutschungen auf.
 - Der Materialtransport der Flüsse ist gewaltig. Riesige Mengen von Sinkstoffen färben das Wasser der Flüsse lehmigtrübe. Der Amazonas trägt schätzungsweise jährlich rund 1 Milliarde Tonnen Feinerde (= täglich 3000 Güterzüge mit je 60 Wagen von 15 t Traglast) ins Meer hinaus.

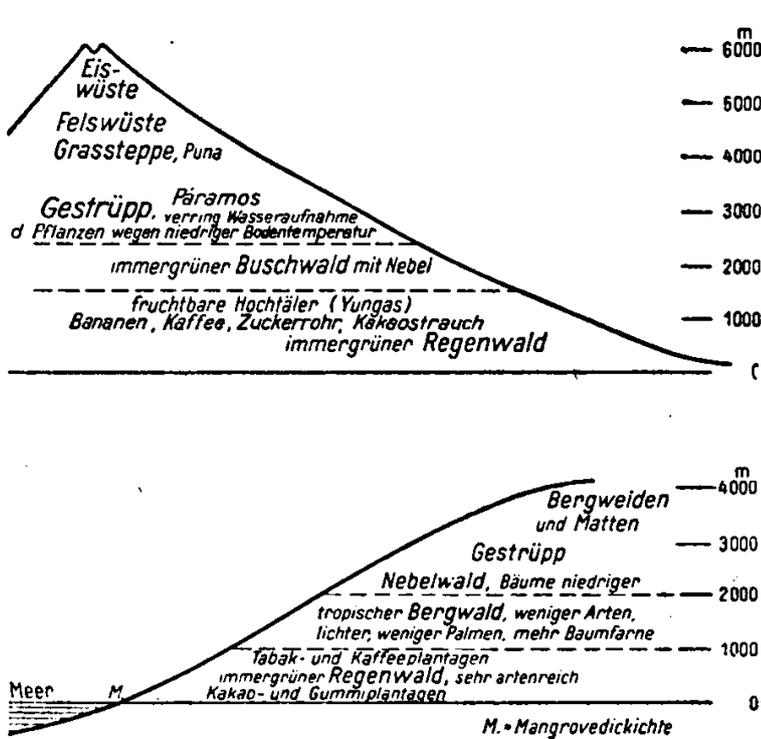
Der schlammige Mündungsbereich der großen Ströme und die Regenwaldküsten werden umsäumt von einer Abart des tropischen Regenwaldes, den 10 bis 15 m hohen Mangroven. Die dünnen Stämme mit dürftiger Krone stehen auf hohen Stelz-



Mangroven an der Küste von Java bei Niedrigwasser

wurzeln, die nur bei Flut von Wasser bedeckt sind. Aus dem Sumpfboden ragen wie Spargel ihre spitzen Atemwurzeln.

Mit wachsender Höhe über dem Meeresspiegel ändert sich auch in den Tropen das Bild der Vegetation.



Wirtschaftliche Nutzung des tropischen Regenwaldes

Kraß ist der Gegensatz zwischen dem verschwenderischen Reichtum der Vegetation und den sehr bescheidenen Lebensmöglichkeiten, die der tropische Regenwald denjenigen Bewohnern bietet, die noch auf niedriger Entwicklungsstufe verharren. Es sind dies kleine Völkerschaften oder Stämme, die in Rückzugsgebieten leben.

Auf der niedrigen Stufe der *Sammelwirtschaft* stehen noch heute die Pygmäen des Kongo. Frauen und Kinder durchstreifen den Wald nach eßbaren Knollen, Früchten und Wurzeln, Fröschen, Raupen, Schnecken und Käfern. Die Männer erlegen mit Speer und vergifteten Pfeilen Wild, sogar Elefanten. Zur Jagd tritt noch der Fischfang.

Auf einer höheren Entwicklungsstufe haben die Urwaldbewohner den Boden als Hack-

Höhenstufen der tropischen Vegetation am Osthang der Anden (oben) und am Kamerunberg (unten). – 1. Erläutern Sie an Hand der Zeichnungen den Vegetationswandel mit zunehmender Höhe! – 2. Begründen Sie, weshalb am Fuß des Kamerunberges (bis 10 m Jahresniederschlag) und auch am Osthang der Anden besonders hohe Niederschlagsmengen fallen!

bauern bearbeitet. Vielerorts betrieben sie *Brandrodungskultur*, indem sie zur Gewinnung ihrer kleinen Ackerstücke die Bäume ringelten und sie nach dem Abtrocknen abbrannten. Mit der Asche wurde der Boden gedüngt. Nach wenigen Jahren war er jedoch erschöpft (bei jährlich 2 bis 3 Ernten), da Dünger fehlte und der niedergebrannte Wald keine Humusstoffe mehr lieferte. Zudem fehlte das den Boden vor dem Austrocknen schützende Laubdach der Bäume. Der Hackbau wanderte daher zu immer neuen Rodungsflächen. Auf den verlassenen Stellen wuchs zunächst nicht der ursprüngliche Primärwald, sondern ein artenärmerer Sekundärwald empor. Diese Brandrodungskultur ist als Folge der langen Kolonialherrschaft noch heute einigen in verkehrsabgelegenen Teilen junger afrikanischer Länder zu finden, zum Beispiel in einigen Teilen der Republik Kongo (Léopoldville).

Anbauprodukte der Wirtschaft der Einheimischen im Regenwaldgebiet sind Reis, Mais, Bohnen und Knollenfrüchte (Maniok, Yams, Batate). Kokospalmen und Bananen werden ebenfalls genutzt.

Die Anwendung moderner Geräte einschließlich Traktoren, die Verwendung von Mineraldünger und Unkrautbekämpfungsmitteln sowie bessere Sortenauswahl ermöglichen es heute, das Gebiet des tropischen Regenwaldes viel intensiver als früher zu nutzen. In dem immer stärkeren Ausnutzen der modernen Erkenntnisse der Agrobiologie und Agrarwissenschaft liegen für die jungen Nationalstaaten große Möglichkeiten der Entwicklung einer ertragreichen Landwirtschaft. In den modernen Plantagen und Pflanzungen werden für den Export so wertvolle Güter wie Kautschuk, Kaffee, Kakao, Tabak und Bananen produziert. In langen Reihen stehen in den Plantagen Ölpalmen, Obstbananen-, Kautschuk- und Kakaobäume in Monokultur. Diese Monokultur ist noch ein Erbe aus der Kolonialzeit. Die Regierungen der jungen Nationalstaaten sind aber bestrebt, jetzt auch die Nahrungsmittelproduktion entscheidend zu verbessern, um den Hunger in ihren Ländern endgültig zu überwinden.

Auf Kosten des Anbaus von Lebensmitteln für die einheimische Bevölkerung wurde Ghana, die ehemalige britische Kolonie Goldküste, zum größten Kakao-producingen der Welt. Das vom Kolonialjoch befreite Ghana begann sofort damit,



Natürlicher Ölpalmenhain an der Elfenbeinküste

die Anbauflächen für Getreide und Hackfrüchte zu erweitern. Liberia, wo sich die größte Kautschukplantage der Welt in amerikanischen Händen befindet, wird seine Unabhängigkeit erst dann wirklich gewonnen haben, wenn es seine Reichtümer selbst nutzen kann. Hauptlieferant von Plantagenkautschuk sind die Länder Südost-Asiens.

Ein wichtiger Rohstoff der Länder im Regenwaldgebiet ist das Holz. Am wertvollsten sind die Edelhölzer, wie Mahagoni, Ebenholz und Palisander. Ihr Holz ist unregelmäßig gezeichnet, weil die Jahresringe fehlen. Die Länder der Guineaküste liefern große Mengen an Okuméholz für Furniere und Streichhölzer. Alle diese Nutzbäume treten nicht in geschlossenen Beständen auf, sondern vereinzelt in großen Abständen, was ihren Einschlag erschwert. Die Forstwirtschaft der jungen Staaten ist bemüht, den Raubbau der Vergangenheit durch eine zielstrebige Wiederaufforstung zu überwinden. Neben den Edelhölzern sind noch verschiedene Arten von Faserbäumen (Kapok) und Gerbhölzern (Mangroverinde) wirtschaftlich wichtig. In Zukunft können auch die Weichhölzer, vor allem für die Zellulosegewinnung, eine große Bedeutung erlangen.

Durch die Anlage moderner Straßen wird heute eine bessere Nutzung der Schätze des tropischen Regenwaldes möglich. In den inzwischen von der Kolonialherrschaft befreiten jungen Nationalstaaten kommen die Schätze der einheimischen Bevölkerung zugute, deren Regierungen sich um weitere Fortschritte bemühen.

AUFGABEN: 1. Überlegen Sie, weshalb die Artenfülle des tropischen Regenwaldes seine wirtschaftliche Nutzung erschwert! – 2. Weshalb ist den Bewohnern des tropischen Regenwaldes unter rückständigen gesellschaftlichen Verhältnissen keine Vorratswirtschaft möglich?

Anhang

Zonen- und Landeszeiten wichtiger Länder und Gebiete der Erde

Zeitzone	Mittelmeridian	Uhrzeit, bezogen auf 12.00 MEZ	Länder oder Gebiete
Weltzeit (Westeuropäische Zeit = WEZ)	0°	11.00	Irland, Großbritannien, Belgien, Frankreich, Spanien, Portugal, Marokko, Algerien, Ghana, Guinea
Amsterdamer Zeit	5° O	11.20	Niederlande
Mittleuropäische Zeit (MEZ)	15° O	12.00	Norwegen, Schweden, Dänemark, Deutsche Demokratische Republik, Westdeutschland, Polen ¹ , Tschechoslowakei, Österreich, Schweiz, Ungarn, Italien, Jugoslawien, Albanien, Tunesien, Libyen
Osteuropäische Zeit (OEZ) oder Moskauer Zeit ²	30° O	13.00	Finnland, Sowjetunion (westlicher Teil), Rumänien, Bulgarien, Griechenland, Türkei, VAR, Israel, Sudan, Südafrika, Südwestafrika
Gorkizeit	45° O	14.00	Sowjetunion (Gebiet Archangelsk, Grusinische SSR, Aserbaidshanische SSR, Armenische SSR), Saudi-Arabien, Äthiopien, Somalia, Kenia, Madagaskar
Teheraner Zeit	52° 30' O	14.30	Iran
Swerdlowsker Zeit	60° O	15.00	Sowjetunion (Ural, westliche Kasachische SSR, Usbekische SSR, Turkmenische SSR)
Kabuler Zeit	67° 30' O	15.30	Afghanistan
Omsker Zeit	75° O	16.00	Sowjetunion (östliche Kasachische SSR, Tadschikische SSR, Kirgisische SSR)

¹ Während der Sommermonate gilt in Polen eine Sommerzeit, nach der die Uhren eine Stunde vorgestellt werden.

² In der Sowjetunion gilt zur Zeit die „Dekretzeit“, nach der alle Uhren eine Stunde vorgestellt wurden

Zeitzone	Mittelmeridian	Uhrzeit, bezogen auf 12.00 MEZ	Länder oder Gebiete
Indische Zeit	82° 30' O	16.30	Indien, Ceylon
Nowosibirsker Zeit	90° O	17.00	Sowjetunion (Gebiete beiderseits des Jenissei und des oberen Ob), China (westlicher Teil)
Burmazeit	97° 30' O	17.30	Burma
Irkutsker Zeit	105° O	18.00	Sowjetunion (Gebiete zwischen Sewernaja Semlja und Baikalsee), Mongolei, China, Vietnam, Westsumatra
Javazeit	112° 30' O	18.30	Java, Kalimantan
Jakutsker Zeit und chinesische Küstenzeit	120° O	19.00	Sowjetunion (Einzugsgebiet der unteren und mittleren Lena, Amurgebiet), China, Philippinen, Westaustralien
Wladiwostoker und mittlere Japanzeit	135° O	20.00	Sowjetunion (zwischen Jana und Wladiwostok), Korea, Japan
Südaustralische Zeit	142° 30' O	20.30	Südaustralien
Magadaner und Ostaustralische Zeit	150° O	21.00	Sowjetunion (zwischen Indigirka und Magadan, Sachalin), Ostaustralien
Kamtschatkazeit	165° O	22.00	Sowjetunion (Kamtschatka und das Gebiet nördlich davon)
Tschuktschenzeit	180° O	23.00	Sowjetunion (Tschuktschen-Halbinsel), Neuseeland
Westalaskazeit	165° W	24.00	Westalaska
Hawaiizeit	157° 30' W	0.30	Hawaii
Zentralalaskazeit	150° W	1.00	Zentralalaska
Ostalaskazeit	135° W	2.00	Ostalaska
Mittlere Pazifische Zeit	120° W	3.00	Kanada (Britisch-Columbia), USA (Staaten am Stillen Ozean und westliche Gebirgsstaaten)
Mittlere Gebirgszeit	105° W	4.00	Kanada (Saskatchewan, Alberta), USA (östliche Gebirgsstaaten), Westmexiko

Zeitzone	Mittelmeridian	Uhrzeit, bezogen auf 12.00 MEZ	Länder oder Gebiete
Mittlere zentrale Zeit	90° W	5.00	Kanada (Manitoba), USA (Mississippigebiet), Zentral- und Ostmexiko, Guatemala, Honduras, El Salvador, Kostarika, Nikaragua
Mittlere Ostzeit	75° W	6.00	Kanada (Ontario, Quebec), USA (östliche Staaten), Kuba, Haiti, Dominikanische Republik, Jamaika, Panama, Kolumbien, Ecuador, Perú, westliches Brasilien, Chile
Venezuelzeit	67° 30' W	7.00	Venezuela
Mittlere Atlantische Zeit	60° W	7.00	Westgrönland, Kanada (Ostgebiete), mittleres Brasilien, Argentinien, Bolivien
Uruguayzeit	52° 30' W	7.30	Kanada (Neufundland, Ostteil der Halbinsel Labrador), Französisch- und Niederländisch-Guayana, Uruguay
Ostbrasilienzeit	45° W	8.00	Ostbrasilien, Grönland
Azorenzeit	30° W	9.00	Ostgrönland, Azoren
Islandzeit	15° W	10.00	Island, Kanaren

Flächen der mathematischen Zonen

Zonen	Fläche in Mill. km ²	prozentualer Anteil an der Erdoberfläche
polare Zonen	je 21,2 = 42,4	8,2
gemäßigte Zonen	je 132,6 = 265,2	52,0
tropische Zone	202,2	39,8

Äußerste Grenzpunkte der Deutschen Demokratischen Republik

Norden	54° 41' N	Bezirk Rostock, Kreis Rügen
Süden	50° 10' N	Bezirk Karl-Marx-Stadt, Kreis Oelsnitz
Westen	9° 54' O	Bezirk Suhl, Kreis Bad Salzungen
Osten	15° 2' O	Bezirk Dresden, Kreis Görlitz

Mittlere jährliche Niederschlagshöhen

Ort	Gebiet	Niederschlagshöhe in mm
Arica	Nordchile	10
Swakopmund	Südwestafrika	20
Aden	Südarabien	60
Werchojansk	Ostsibirien	130
Astrachan	Wolgamündung	150
Coolgardie	Westaustralien	230
Mailand	Italien	340
Magdeburg	Deutsche Demokratische Republik	500
Moskau	Sowjetunion	530
London	Großbritannien	620
München	Westdeutschland	900
New York	USA	1140
Zugspitze	Westdeutschland	1350
Bergen	Norwegen	1960
Cayenne	Guayana	3000
Ben Nevis	Schottland	4000
Waialealegipfel	Hawaii	11700

Luftdruck und barometrische Höhenstufe

Höhe in m	Luftdruck in mm	barometrische Höhenstufe in m
0	760	11,5
1000	671	11,9
2000	592	13,5
3000	522	15,3
4000	461	17,3
5000	407	19,7
6000	359	22,3
7000	317	25,3

Ausgewählte Klimaangaben für einige Orte der Deutschen Demokratischen Republik und Westdeutschlands

T = Mittel der Lufttemperatur in °C F = Mittel der Frosttage¹
 N = Mittel der Niederschlagsmenge in mm Nt = Mittel der Niederschlagstage

Station	Geographische Koordinaten	Höhe der Station über NN		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr		
Potsdam	13° 04' O; 52° 23' N	82 m	T	-0,7	0,2	3,3	7,6	13,0	15,9	17,7	16,5	13,4	8,4	3,4	0,5	8,3		
			N	46	33	36	40	51	58	81	61	48	43	41	48	586		
			F	20,5	18,7	14,7	5,0	0,3	0	0	0	0	0	0	3,1	12,5	17,7	92,5
			Nt	18,4	14,6	15,3	13,9	13,0	13,4	15,0	14,9	13,1	14,6	16,2	18,4	18,8		
Cottbus	14° 26' O; 51° 46' N	72 m	T	-0,7	0,3	3,5	7,8	13,3	16,4	18,2	16,9	13,5	8,4	3,5	0,5	8,5		
			N	41	32	37	39	54	67	80	64	48	45	39	43	589		
			F	20,7	18,2	14,3	5,7	0,5	0	0	0	0	0	0	3,3	11,8	17,5	92,0
			Nt	16,4	13,3	14,9	13,6	12,8	13,4	14,6	14,0	12,8	12,3	13,8	-6,3	168,4		
Leipzig	12° 23' O; 51° 18' N	125 m	T	-0,3	0,7	4,5	8,2	13,6	16,8	18,4	17,5	13,1	8,8	3,9	1,1	8,9		
			N	40	33	41	47	60	67	85	67	49	50	40	42	621		
			F	19,6	17,4	11,9	3,5	0,1	0	0	0	0	0	0	2,3	10,2	16,8	81,8
			Nt	15,8	13,4	14,2	13,8	13,3	13,1	14,4	14,2	12,4	13,3	13,0	15,9	166,8		
Erfurt	11° 04' O; 50° 58' N	218 m	T	-1,1	0,1	3,4	7,4	12,5	15,4	17,0	16,2	12,9	8,2	3,3	0,5	8,0		
			N	31	23	30	40	52	58	70	57	47	41	31	30	510		
			F	27,5	18,9	16,1	7,9	1,1	0,2	0	0	0	0,4	4,4	13,6	18,9	102,0	
			Nt	16,1	13,7	14,7	14,2	13,8	13,4	14,5	14,0	13,5	14,1	14,1	16,0	172,1		
Großer Inselfberg	10° 28' O; 50° 51' N	906 m	T	-3,7	-3,4	-0,9	3,0	8,0	10,9	12,5	12,1	9,4	4,6	0,0	-2,9	4,1		
			N	109	92	90	95	89	103	118	121	107	108	98	122	1252		
			F	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
			Nt	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Brocken	10° 37' O; 51° 48' N	1150 m	T	-4,4	-4,4	-2,7	0,5	5,6	8,4	10,2	9,5	7,2	3,2	-1,0	-3,6	2,4		
			N	186	150	163	124	103	115	147	148	136	113	128	165	1678		
			F	29,5	26,3	27,0	21,5	10,0	2,3	0	0	0	2,0	12,8	23,6	29,0	184,0	
			Nt	20,3	17,3	18,5	17,9	17,0	18,4	19,8	20,4	19,0	20,0	21,2	229,8			

¹ Frosttage sind Tage, an denen das Minimum der Lufttemperatur unter 0 °C liegt.

Ausgewählte Klimaangaben für einige Orte der Deutschen Demokratischen Republik und Westdeutschlands (Fortsetzung)

T = Mittel der Lufttemperatur in °C F = Mittel der Frosttage¹
 N = Mittel der Niederschlagsmenge in mm Nt = Mittel der Niederschlagstage

Station	Geographische Koordinaten	Höhe der Station über NN	T	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	
Fichtelberg	12° 57' O; 50° 26' N	1220 m	T	-5,2	-4,8	-2,3	1,4	6,7	9,5	11,5	10,8	8,1	3,5	-1,0	-3,9	2,9	
			N	92	69	89	90	104	120	129	124	93	86	73	1149		
			F	29,4	27,0	27,0	19,9	8,7	1,6	0	0	1,5	13,6	23,2	29,7	181,1	
			Nt	18,5	16,2	18,0	18,1	17,4	16,0	16,4	16,9	15,5	16,2	16,4	18,5	204,1	
Hamburg	10° 02' O; 53° 38' N	29 m	T	0,3	1,0	3,5	7,5	12,3	15,4	17,1	16,2	13,6	8,8	4,2	1,6	8,5	
			N	59	48	49	52	54	66	85	87	61	65	53	61	740	
			F	17,1	15,1	10,4	2,5	0	0	0	0	0	0	1,1	7,6	13,3	61,7
			Nt	18,3	15,2	16,4	16,0	14,5	15,0	17,0	18,3	15,3	17,0	16,8	18,3	198,1	
Stuttgart	9° 10' O; 48° 47' N	267 m	T	1,0	2,4	5,7	9,6	14,3	17,3	19,1	18,3	14,8	9,9	5,2	2,1	10,0	
			N	37	32	42	56	68	77	79	67	64	49	45	46	662	
			F	17,8	14,5	9,4	2,0	0,2	0	0	0	0	0	1,6	7,9	14,6	68,0
			Nt	14,5	13,6	14,4	15,1	14,0	14,4	14,2	14,6	12,9	13,3	13,2	15,6	170,7	
Kleve	6° 08' O; 51° 48' N	48 m	T	1,6	2,4	4,7	8,1	12,9	15,5	17,1	16,3	13,7	9,2	5,0	2,5	9,1	
			N	64	51	54	50	57	63	71	78	61	71	64	80	764	
			F	15,7	14,6	11,5	3,7	0,2	0	0	0	0	0	1,9	8,4	13,7	69,7
			Nt	16,8	14,1	15,5	14,3	14,0	14,0	15,2	15,4	13,0	15,4	15,0	18,0	180,7	
Freiburg im Breisgau	7° 51' O; 47° 59' N	285 m	T	1,1	2,6	6,0	9,9	14,3	17,3	19,3	18,6	15,3	10,1	5,4	2,2	10,2	
			N	46	43	58	74	88	97	103	94	83	78	62	58	884	
			F	18,9	14,8	9,8	2,2	0,1	0	0	0	0	0,1	2,1	9,9	15,2	73,1
			Nt	14,8	13,5	16,0	17,1	17,2	16,2	15,4	15,0	14,1	14,8	15,3	15,8	185,2	
Zugspitze	10° 59' O; 47° 25' N	2962 m	T	-11,2	-11,2	-9,9	-7,2	-2,9	-0,3	1,8	1,6	-0,2	-3,8	-7,2	-9,9	-5,0	
			N	65	62	76	109	131	178	192	174	135	87	63	78	1350	
			F	31,0	28,2	31,0	29,9	27,1	22,2	17,4	16,5	20,8	27,5	30,2	31,0	312,8	
			Nt	14,8	13,1	17,8	20,8	22,0	21,2	21,5	19,6	16,3	13,0	12,5	14,5	207,1	

¹ Frosttage sind Tage, an denen das Minimum der Lufttemperatur unter 0 °C liegt.