

Pädagogische Hochschule
Bibliothek
Notkerstrasse 27
9004 St.Gallen

Nichts löst sich in Luft auf

**Die anthropogenen Emissionen durch die Verbrennung
fossiler Stoffe zur Energiegewinnung**

Materialiensammlung für den Fachunterricht und
die Unterrichtsplanung einer fächerübergreifenden
und projektorientierten Behandlung
der Themenbereiche
TREIBHAUSEFFEKT, SAURER REGEN, SMOG

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	7
2. Ausgangssituation schulischer Umwelterziehung	9
3. Aufgaben und Ziele der Umwelterziehung	10
4. Der Treibhauseffekt	11
4.1. Wetter, Klima und Klimageschichte	11
4.1.1. Vom Wetter zum Klima	11
INFO-BLATT 1: Die Lufthülle der Erde	12
4.1.2. Klimageschichte	15
4.1.3. Untersuchungsmethoden der Klimaforschung	16
INFO-BLATT 2: Klimageschichte	18
4.1.4. Beispiele für Variabilität und Empfindlichkeit unseres Klimasystems	20
4.2. Klimamodelle für die Zukunft	20
4.2.1. Die Aufgabe von Klimamodellen	20
INFO-BLATT 3: Klimaveränderungen und Klimaschutz – Die Aufgaben des IPCC	21
4.2.2. Modellberechnungen	22
4.2.2.1. Bedeutung der Ozeane für die Berechnungen	22
4.2.2.2. Berechnungsprobleme	23
4.2.2.3. Ergebnisse und Konsequenzen	23
INFO-BLATT 4: Stand der Wissenschaft zu globalen Klimaänderungen 1996	24
INFO-BLATT 5: Schulmodell zur Berechnung des CO ₂ -Gehaltes	26
ARBEITSBLATT 1: Aufgaben zur Lufthülle der Erde	28
4.3. Der natürliche Treibhauseffekt	29
4.3.1. Die Speicher und der natürliche Kreislauf des Kohlenstoffs	29
4.3.2. Die natürlichen Kohlenstoffflüsse zwischen den Speichern	29
4.3.2.1. Die Sedimente des Meeres im CO ₂ -Kreislauf	29
4.3.2.2. Der CO ₂ -Austausch zwischen Boden und Atmosphäre	30
4.3.2.3. Der CO ₂ -Austausch zwischen Biosphäre und Atmosphäre	30
4.3.2.4. Der CO ₂ -Austausch zwischen der Atmosphäre und dem Ozean	31
4.3.2.5. Biologische Prozesse im CO ₂ -Kreislauf der Ozeane	32
4.3.2.6. Bewertung der natürlichen Kohlenstoffflüsse für den Treibhauseffekt	32
ARBEITSBLATT 2: Versuch zum Nachweis der Freisetzung von CO ₂ aus Bodenproben	33
ARBEITSBLATT 3: Aufgaben zu den Kohlenstoffflüssen	34
ARBEITSBLATT 4: Pflanzen binden CO ₂ – Aufgaben am Berechnungsbeispiel Kartoffelacker	36
ARBEITSBLATT 5: Interpretation der Mauna-Loa-Kurve	38
ARBEITSBLATT 6: Versuche zum Nachweis der Lösung von CO ₂ im Wasser	39
4.3.3. Physik des Treibhauseffekts	40
4.3.3.1. Die Verhältnisse in der Troposphäre	40
4.3.3.2. Die für die Absorption verantwortlichen Spurengase	40
4.3.3.3. Die Strahlung der Sonne	41
4.3.3.4. Die Erwärmung der Erdoberfläche	41
4.3.3.5. Die Erwärmung der Atmosphäre durch Infrarotstrahlung der Erde	41
4.3.3.6. Der erhöhte Temperaturanstieg der Erdoberfläche	41
4.3.3.7. Die Charakteristik dieser Prozesse	41
4.3.3.8. Eine Bewertung des natürlichen Treibhauseffektes	42
INFO-BLATT 6: 5-Stufen-Modell der Strahlungsströme an der Erdoberfläche	43

INFO-BLATT 7: Demonstrationsversuch zur Wirkung des Treibhausgases CO ₂ bei der Absorption von IR-Strahlung	44
ARBEITSBLATT 7: Analogie-Experiment zur Demonstration der Energieströme an der Erdoberfläche zur Entstehung des Treibhauseffektes.....	46
4.4. Der anthropogene Treibhauseffekt.....	48
4.4.1. Ursachen	48
4.4.2. Folgen für die Energieströme an der Erdoberfläche	50
4.4.3. Die Treibhausgase	50
4.4.3.1. Wasserdampf	50
4.4.3.2. Kohlenstoffdioxid	51
4.4.3.3. Methan	52
4.4.3.4. Distickstoffoxid (Lachgas)	53
4.4.3.5. Ozon	54
4.4.3.6. FCKW	55
INFO-BLATT 8: Verträge und Gesetze zur Reduzierung des Gebrauchs von FCKW	55
INFO-BLATT 9: Ozonschicht der Stratosphäre	56
INFO-BLATT 10: FCKW und Ozonschicht.....	57
INFO-BLATT 11: Spurengase der Atmosphäre	58
4.4.4. Bisherige Charakteristika des anthropogenen Treibhauseffekts	59
4.4.4.1. Anstieg der atmosphärischen CO ₂ -Konzentration	59
4.4.4.2. Anstieg der globalen mittleren Lufttemperatur.....	60
4.4.4.3. Anstieg des Meeresspiegels.....	60
4.4.4.4. Veränderung der Niederschlagsmengen	60
4.4.4.5. Abtauen der Gletscher	60
4.4.4.6. Ausdehnung der tropischen Meere	61
4.4.4.7. Veränderungen in den Eisformationen der Antarktis.....	61
4.4.4.8. Verstärkung der Naturkatastrophen	61
4.4.4.9. Veränderungen in Tier- und Pflanzenwelt	61
ARBEITSBLATT 8: Aufgaben zum Treibhauseffekt	62
ARBEITSBLATT 9: Aufgaben zum Treibhauseffekt	63
ARBEITSBLATT 10: Aufgaben zur Wirkung von FCKW	64
ARBEITSBLATT 11: Aufgaben zur Freisetzung von CO ₂ in die Atmosphäre	66
4.5 Zukunftsszenarien.....	68
4.5.1. Prognosen für den CO ₂ - und den Temperaturanstieg.....	68
4.5.2. Forderungen der Enquête-Kommission und die Schwierigkeiten der politischen Umsetzung.....	71
4.5.3. Prognosen zukünftiger Entwicklungen	72
4.5.3.1. Bedrohungen der Siedlungsgebiete des Menschen weltweit	72
4.5.3.1.1. Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten.....	72
INFO-BLATT 12: Bedrohung von Siedlungsgebieten durch den Meeresspiegelanstieg	73
4.5.3.1.2. Hurricanes	74
4.5.3.1.3. Grundwassermangel und Dürregebiete	74
4.5.3.1.4. Zunahme von Umweltflüchtlingen.....	75
4.5.3.2. Folgen für Mitteleuropa	75
4.5.3.3. Entwicklungen in den großen Biotopen unserer Erde	75
4.5.3.3.1. Die tropischen Regenwälder	75
4.5.3.3.2. Die großen Nadel- und Laubwaldgebiete der gemäßigten und subarktischen Breiten.....	77
INFO-BLATT 13: Der tropische Regenwald.....	78
4.5.3.3.3. Die landwirtschaftlichen Kulturlflächen	79
ARBEITSBLATT 12: Aufgaben zum Problem der Zerstörung tropischer Regenwälder	80

4.5.3.3.4.	Die Ozeane	82
4.5.4.	Unterschiedliche Interpretationen zukünftiger Entwicklungen	83
4.6.	Die globalen Kohlenstoffdioxid-Verursacher	84
	INFO-BLATT 14: Die CO ₂ -Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland	86
	ARBEITSBLATT 13: Aufgaben zu den globalen CO ₂ -Emissionen	87
5.	Der Saure Regen	88
5.1.	Einführung	88
5.2.	Entstehung und Verursacher	88
5.2.1.	Schwefeldioxid	89
	INFO-BLATT 15: Die Reaktionen der Schwefeloxide in der Atmosphäre	90
	ARBEITSBLATT 14: Versuch zur Entstehung schwefliger Säure	90
5.2.2.	Stickoxide	91
	INFO-BLATT 16: Auswirkungen von NO _x in der Atmosphäre	92
5.2.3.	Ozon, PAN und Kohlenwasserstoffe	93
5.2.4.	Kohlenstoffmonoxid / Kohlenstoffdioxid	93
	INFO-BLATT 17: Der Einfluss des Kfz-Verkehrs auf die Ozonbildung	94
5.3.	Die Folgen	94
5.3.1.	Das Waldsterben	95
5.3.1.1.	Es begann mit den Nadelbäumen	96
5.3.1.2.	Folgen des Baumsterbens und der Zersiedelung	96
5.3.1.3.	Das Ursachengefüge des Baumsterbens	96
	INFO-BLATT 18: Das Ursachengefüge bei Baumschäden durch Luftverunreinigungen (natürliche und antropogene Stressfaktoren)	97
	INFO-BLATT 19: Die Krankheitssymptome eines durch Luftverunreinigungen geschädigten Baumes – Beispiel Fichte	98
	INFO-BLATT 20: Einwirkungen von Luftimmissionen auf die Blätter der Waldbäume und ihre Folgen	99
	INFO-BLATT 21: Die bedeutendsten Schadinsekten häufiger Waldbäume in der Bundesrepublik Deutschland; Stand 1994	100
	ARBEITSBLATT 15: Versuch zur Entstehung Sauren Regens	101
5.3.1.4.	Untersuchungen von Waldschäden	102
5.3.1.5.	Die aktuelle Waldschadenssituation in der Bundesrepublik Deutschland	102
	INFO-BLATT 22: Das herkömmliche (terrestrische) Verfahren der Waldschadenserhebung (WSE)	104
	ARBEITSBLATT 16: Untersuchung von Schädigungen bei Kiefernadeln	105
	ARBEITSBLATT 17: Untersuchung von Ablagerungen auf Kiefernadeln	106
5.3.1.6.	Die Entwicklung der Waldschäden in Europa	107
	INFO-BLATT 23: Der jährliche Waldzustandsbericht der Bundesregierung und die Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1995 bei den Hauptbaumarten	108
	ARBEITSBLATT 18: Versuche zum Waldsterben	110
5.3.1.7.	Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf den Wald	111
	ARBEITSBLATT 19: Aufgaben zum Sauren Regen und zum Waldsterben	112
5.3.1.8.	Maßnahmen der Bundesregierung gegen die neuartigen Waldschäden	115
5.3.2.	Die Versauerung der Böden	115
5.3.2.1.	Natürliche Säureschübe im Boden	115
5.3.2.2.	Anthropogene Versauerungen des Bodens	116
5.3.2.2.1.	Folgen	116
	INFO-BLATT 24: Wirkung des Sauren Regens auf den Waldboden	117
5.3.2.2.2.	Untersuchungsverfahren und Gegenmaßnahmen	118
5.3.2.3.	Anthropogene Stickstoffeinträge in den Boden	118

	ARBEITSBLATT 20: Versuch zum Nachweis der pH-Wert-Veränderung des Bodens durch Pflanzen; Beeinflussung der Wurzelumgebung	119
	ARBEITSBLATT 21: Aufgaben zur Bodenversauerung	120
5.3.3.	Die Versauerung der Seen.....	122
5.3.3.1.	Gewässerversauerungen in Europa	122
5.3.3.2.	Die Situation in Deutschland	122
5.3.3.3.	Veränderungen in den Lebensgemeinschaften aquatischer Organismen.....	122
5.3.3.4.	Einfluss auf Fischpopulationen und entsprechende biozönotische Veränderungen.....	123
	INFO-BLATT 25: Biozönotische Veränderungen in einem versauerten See.....	124
	ARBEITSBLATT 22: Aufgaben zur Versauerung der Seen	125
6.	Die Smogbildung	126
6.1.	Der Wintersmog.....	126
6.1.1.	Ursache und Folgen	126
6.1.2.	Wintersmog-Alarmstufen und Gefahrenggebiete in Deutschland.....	126
6.2.	Der Sommersmog	127
6.2.1.	Ursache und Folgen	127
6.2.2.	Überwachung der Grenz- und Richtwerte in Deutschland	129
6.2.3.	Neufestlegung der Ozongrenzwerte für die Bundesrepublik Deutschland 1995 – Schwierigkeiten der Durchsetzung geeigneter Maßnahmen.....	129
6.2.4.	Ansätze zur grundsätzlichen Verringerung der Ozonbildung	131
	ARBEITSBLATT 23: Aufgaben zum Sommer- und Wintersmog.....	132
	ARBEITSBLATT 24: Demonstrationsversuch zur Entstehung des Wintersmogs.....	134
7.	Globale Bevölkerungs- und Energiebedarfsentwicklung	135
7. 1.	Wachstum der Weltbevölkerung	135
7. 2.	Primärenergieverbrauch in den Industrie- und Entwicklungsländern	135
	INFO-BLATT 26: Energieverbrauch und Bruttosozialprodukt pro Kopf in den Staaten der Erde 1992	136
7. 3.	Entwicklung des Weltenergiebedarfs.....	138
8.	Modelle für eine zukünftige Energiebedarfsdeckung	139
8. 1.	Energiebedarfsprognosen	139
8. 2.	Globale Potentiale regenerativer Energieerzeugung	139
8. 3.	Kosten und Prognosen der Nutzung alternativer Energien	141
	INFO-BLATT 27: Energieeeeinheiten und Umrechnungen.....	142
	ARBEITSBLATT 25: Aufgaben zur Entwicklung des Weltenergiebedarfs und zu den Modellen zukünftiger Energiebedarfsdeckung	143
	Literatur- und Informationsverzeichnis.....	145
	Hinweise zur Benutzung der CD-ROM	152