

# BIOEE Bildungsoffensive

## Energiezukunft Erneuerbare Energie

## Skriptum

### Themen

|   |    |
|---|----|
| 1 INHALT  | 2  |
| 2 BILDUNGSOFFENSIVE ERNEUERBARE ENERGIE: ANSÄTZE UND METHODEN     | 11 |
| 2.1 Bewusstsein schaffen – eine Herausforderung für die Pädagogik | 11 |
| 2.2 Energiepolitik am Scheideweg                                  | 11 |
| 2.3 Projekt Energiezukunft für Jugendliche                        | 11 |
| 2.4 Lernziele und geförderte Kompetenzen                          | 11 |
| 2.5 Methode mit ganzheitlichem und fächerübergreifendem Anspruch  | 12 |
| 3 STRUKTUR DER MATERIALSAMMLUNG                                   | 13 |
| 3.1 Skriptum und Datenbank  | 13 |
| 3.2 Fach- und Lehrplanbezug                                       | 15 |
| 4 DER GRAFISCHE LEITFADEN   | 15 |
| 4.1 Hervorhebung durch farbige Textkästen                         | 15 |
| 4.2 Navigationsleiste an den Seitenrändern                        | 15 |
| 4.3 Grafischer Leitfaden der Materialien                          | 16 |

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Inhalt

### 1 INHALT

#### 1. Kapitel: Einleitung

|   |    |
|---|----|
| 1 INHALT  | 2  |
| 2 BILDUNGSOFFENSIVE ERNEUERBARE ENERGIE: ANSÄTZE UND METHODEN     | 11 |
| 2.1 Bewusstsein schaffen – eine Herausforderung für die Pädagogik | 11 |
| 2.2 Energiepolitik am Scheideweg                                  | 11 |
| 2.3 Projekt Energiezukunft für Jugendliche                        | 11 |
| 2.4 Lernziele und geförderte Kompetenzen                          | 11 |
| 2.5 Methode mit ganzheitlichem und fächerübergreifendem Anspruch  | 12 |
| 2.5.1 Am Anfang war das Staunen, die Frage eine Folge davon       | 12 |
| 2.5.2 Erleben durch eigenes Handeln                               | 12 |
| 2.5.3 Reflexion   | 12 |
| 3 STRUKTUR DER MATERIALSAMPLUNG                                   | 13 |
| 3.1 Skriptum und Datenbank  | 13 |
| 3.2 Fach- und Lehrplanbezug                                       | 15 |
| 4 DER GRAFISCHE LEITFADEN   | 15 |
| 4.1 Hervorhebung durch farbige Textkästen                         | 15 |
| 4.2 Navigationsleiste an den Seitenrändern                        | 15 |
| 4.3 Grafischer Leitfaden der Materialien                          | 16 |

#### 2. Kapitel: Energie

|   |    |
|---|----|
| 1 DIE GESCHICHTE DER MENSCHHEIT, EINE GESCHICHTE DER ENERGIE                          | 18 |
| 1.1 Jäger und Sammler: Nomaden der Steinzeit  | 18 |
| 1.2 Das Agrarzeitalter: Wie die Landwirtschaft die Gesellschaft veränderte            | 19 |
| 1.3 Das Industriezeitalter: Der Einsatz fossiler Brennstoffe wächst ins Unermessliche | 21 |
| 1.4 Das Informationszeitalter: Eine neue Epoche in der Menschheitsgeschichte          | 24 |
| 1.5 Die Nutzung von elektrischem Strom  | 25 |
| 1.6 Geschichte der österreichischen Elektrizitätswirtschaft                           | 26 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2 HERAUSFORDERUNG DER ENERGIEVERSORGUNG</b>                         | <b>27</b> |
| <b>2.1 Ungleiche Verteilung</b>  | <b>27</b> |
| 2.1.1 Globale Verteilung des Energiebedarfs pro Kopf                   | 28        |
| 2.1.2 Verteilung der Weltbevölkerung                                   | 29        |
| 2.1.3 Globaler Primärenergieverbrauch                                  | 29        |
| <b>2.2 Importabhängigkeit</b>  | <b>30</b> |
| <b>2.3 Der menschliche Energiebedarf und seine Bereitstellung</b>      | <b>32</b> |
| 2.3.1 Der Energiebedarf Österreichs nach Sektoren und Energieträgermix | 34        |
| 2.3.2 Einsatz erneuerbarer Energie nach Sektoren und EU-Ranking        | 34        |
| 2.3.3 Der globale Energiebedarf nach Sektoren und Energieträgermix     | 35        |
| 2.3.4 Ein internationaler Vergleich                                    | 35        |
| <b>3 ENERGIE IN NATURWISSENSCHAFTLICHEN ZUSAMMENHÄNGEN</b>             | <b>36</b> |
| <b>3.1 Einheiten und Definitionen</b>                                  | <b>36</b> |
| 3.1.1 Verschiedene Einheiten von Energie                               | 36        |
| <b>3.2 Formen von Energie</b>  | <b>37</b> |
| 3.2.1 Chemische Energie: Bindungsenergie                               | 37        |
| 3.2.2 Kinetische Energie: Mechanische Energie                          | 37        |
| 3.2.3 Potenzielle Energie: Lageenergie                                 | 37        |
| 3.2.4 Thermische Energie: Wärmeenergie                                 | 38        |
| 3.2.5 Heizwert und Brennwert   | 38        |
| 3.2.6 Strahlungsenergie  | 38        |
| 3.2.7 Elektrische Energie: Strom                                       | 38        |
| <b>3.3 Energie in technischen Prozessen</b>                            | <b>41</b> |
| 3.3.1 Energienutzungskette   | 41        |
| 3.3.2 Der Wirkungsgrad   | 41        |
| <b>3.4 Energiegehalt verschiedener Brennstoffe</b>                     | <b>42</b> |
| <b>4 QUELLENANGABEN UND LITERATUR</b>                                  | <b>44</b> |

### 3. Kapitel: Fossile Energieträger

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 EINSATZ FOSSILER ENERGIETRÄGER</b>                            | <b>48</b> |
| <b>2 PROBLEMATIK DER NUTZUNG FOSSILER ENERGIETRÄGER</b>            | <b>48</b> |
| 2.1 Die Nutzung fossiler Energieträger ist nicht umweltverträglich | 48        |

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Inhalt

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2 Die fossilen Energieträger sind endlich                     | 51        |
| 2.3 Abhängigkeit und Konfliktpotenzial                          | 55        |
| 2.4 Kosten der militärischen Energiesicherung                   | 57        |
| <b>3 DIE FOSSILEN ENERGIETRÄGER</b>                             | <b>59</b> |
| 3.1 Erdöl   | 59        |
| 3.2 Kohle   | 62        |
| 3.3 Erdgas  | 64        |
| 3.4 Uran, wichtigster Brennstoff der zivilen Atomenergienutzung | 65        |
| 3.4.1 Das ungelöste Probleme der Atomenergienutzung             | 68        |
| 3.4.2 Atomkraft in Europa und Österreich                        | 68        |
| <b>4 QUELLENANGABEN UND LITERATUR</b>                           | <b>70</b> |

## 4. Kapitel: Energiezukunft erneuerbare Energie

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 DIE ENERGIEWENDE</b>  | <b>74</b> |
| 1.1 Erneuerbare Energieträger – Bedeutung und Potenzial                                      | 74        |
| 1.2 Kosten und Nutzen der erneuerbaren Energie   | 77        |
| 1.2.1 Gut für's Klima: Erneuerbare Energien reduzieren CO <sub>2</sub> -Emissionen           | 77        |
| 1.2.2 Mit erneuerbaren Energien werden in Österreich Milliarden umgesetzt                    | 79        |
| 1.2.3 Erneuerbare Energien bedeuten Arbeitsplätze im Inland                                  | 80        |
| 1.2.4 Erneuerbare Energien machen unabhängig von Energieimporten und fossilen Energiepreisen | 81        |
| 1.3 Sind erneuerbare Energien zu teuer?  | 82        |
| 1.3.1 Das Ökostromgesetz in Österreich   | 83        |
| 1.3.2 Technologische Sprünge, Effizienz und Preisentwicklung erneuerbarer Energien           | 84        |
| 1.3.3 Kosten für die Förderung erneuerbarer Energien   | 85        |
| <b>2 BIOGENE ENERGIETRÄGER</b>   | <b>86</b> |
| 2.1 Biogene Energieträger stellen sich vor   | 86        |
| 2.1.1 Biogene Energieträger im Überblick   | 87        |
| 2.1.2 Verschiedene Wege der Biomassenutzung  | 89        |
| 2.2 Der Wald: Quelle für nachhaltigen Rohstoff und Energie                                   | 90        |
| 2.2.1 Die Funktionen des Waldes  | 91        |
| 2.2.2 Stoffliche und energetische Holznutzung  | 92        |
| 2.2.3 Wald und Klimaschutz   | 95        |
| 2.2.4 Ein Wald kann nicht ewig wachsen: Entwicklungsphasen eines Waldes                      | 96        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>2.3 Rohstoffe vom Acker und wertvolle Reststoffe als biogene Energieträger</b> | <b>97</b>  |
| 2.3.1 Holzernte im Kurzumtrieb  | 97         |
| 2.3.2 Energiepflanzen und wertvolle Reststoffe                                    | 98         |
| <b>2.4 Biotreibstoffe: Nachhaltige Energie aus der Landwirtschaft</b>             | <b>99</b>  |
| 2.4.1 Biotreibstoffe: Klima-Saulus oder Klima-Paulus?                             | 100        |
| 2.4.2 EU-Ziel: 10 % Erneuerbare im Verkehr  | 101        |
| 2.4.3 Berechnung der Treibhausgaseinsparung bei Biotreibstoffen                   | 101        |
| 2.4.4 Wertvolle Nebenprodukte   | 102        |
| 2.4.5 Rohstoffe aus eigener Produktion und aus der Nachbarschaft                  | 102        |
| 2.4.6 Emissionen aus Verkehr steigen  | 103        |
| 2.4.7 Den Preis macht nicht das Korn allein                                       | 104        |
| 2.4.8 Ohne Ackerfläche keine Nahrung, Fasern oder Energie                         | 105        |
| <b>2.5 Wärme aus Biomasse</b>   | <b>106</b> |
| 2.5.1 Biomasse ist Österreichs wichtigster Wärmeversorger                         | 106        |
| 2.5.2 Einzelfeuerung in Öfen  | 106        |
| 2.5.3 Der Herd, eine Geschichte der Kochkultur                                    | 107        |
| 2.5.4 Einzelfeuerung im Heizkessel  | 108        |
| 2.5.5 Stückholzheizung  | 108        |
| 2.5.6 Hackschnitzelheizung  | 109        |
| 2.5.7 Pelletsheizung  | 109        |
| 2.5.8 Moderne Biomasseheizungen – Effiziente Verbrennung bei geringen Emissionen  | 110        |
| 2.5.9 Nahwärme aus Biomasse   | 111        |
| <b>2.6 Treibstoffe aus Biomasse</b>   | <b>113</b> |
| 2.6.1 Biotreibstoffe in Österreich  | 113        |
| 2.6.2 Ölpflanzen: Rohstoff für Pflanzenöl-Treibstoffe und Biodiesel               | 113        |
| 2.6.3 Stärke- und zuckerhaltige Pflanzen: Rohstoffe für Bioethanol                | 115        |
| <b>2.7 Strom und Treibstoffe aus Biogas</b>                                       | <b>116</b> |
| 2.7.1 Erzeugung von Biogas  | 116        |
| 2.7.2 Biogas für Kraftfahrzeuge   | 118        |
| <b>2.8 Strom aus Biomasse</b>   | <b>119</b> |
| 2.8.1 Strom aus Holz  | 119        |
| 2.8.2 Strom aus flüssigen biogenen Energieträgern                                 | 121        |
| <b>3 WASSERKRAFT</b>  | <b>122</b> |
| <b>3.1 Wasserkraft im Binneneinsatz</b>   | <b>122</b> |
| 3.1.1 Potenzial, Wertschöpfung und Beschäftigungskette                            | 122        |
| 3.1.2 Laufkraftwerke und Speicherkraftwerke                                       | 122        |
| 3.1.3 Techniken zur Nutzung von Flusswasserkraft                                  | 123        |

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| 3.2 Meeresenergie, Gezeiten- und Strömungskraftwerke                                  | 125        |
| 3.2.1 Alternativer Ansatz Wellenkraftwerke  | 126        |
| <b>4 WINDKRAFT</b>  | <b>127</b> |
| 4.1 Potenzial, Wertschöpfung und Beschäftigungskette                                  | 127        |
| 4.2 Techniken zur Nutzung von Windkraft   | 129        |
| 4.2.1 Experimentelle Windkraftnutzung   | 130        |
| 4.2.2 Windkraft und Mobilität   | 131        |
| <b>5 DIE DIREKTE NUTZUNG DER SONNENEINSTRALUNG</b>                                    | <b>132</b> |
| 5.1 Potenzial von Solarthermie und solarer Stromerzeugung                             | 132        |
| 5.1.1 Solarthermie: Wertschöpfung und Beschäftigungskette durch solare Wärme          | 132        |
| 5.1.2 Photovoltaik: Wertschöpfung und Beschäftigungskette durch solare Stromerzeugung | 133        |
| 5.2 Solarthermie: Techniken zur Bereitstellung von solarer Wärme                      | 133        |
| 5.2.1 Hydraulische Schaltung thermischer Solaranlagen                                 | 134        |
| 5.2.2 Die gängigsten Kollektortypen   | 135        |
| 5.2.3 Solare Kühlung: Ein altes Prinzip steht vor dem Durchbruch                      | 136        |
| 5.2.4 Passive Nutzung von Solarenergie und Wärmerückgewinnung: Das Konzept Passivhaus | 136        |
| 5.3 Techniken zur Bereitstellung von solarem Strom                                    | 138        |
| 5.3.1 Photovoltaik  | 138        |
| 5.3.2 Concentrated Solar Power (CSP): Technologien der solaren Stromerzeugung         | 141        |
| 5.3.3 Dish Stirling: Parabolspiegel-Anlagen   | 143        |
| <b>6 GEOTHERMIE: UMGEBUNGS- UND ERDWÄRME</b>  | <b>144</b> |
| 6.1 Potenzial der Geothermie  | 144        |
| 6.2 Techniken zur Nutzung von Umgebungswärme: Wärmepumpen                             | 144        |
| 6.3 Techniken zur Bereitstellung von Wärme und Strom: Tiefe Geothermie                | 146        |
| <b>7 MISCHFORMEN UND ALTERNATIVE ANSÄTZE</b>  | <b>147</b> |
| 7.1 Aufwind- und Fallwindkraftwerke   | 147        |
| 7.2 Power to Gas: Wasserstoff aus Erneuerbaren  | 148        |
| 7.3 Alternative Konzepte für erneuerbare Mobilität                                    | 149        |
| 7.3.1 Solarmobilität  | 149        |
| 7.3.2 Elektromobilität  | 149        |
| 7.3.3 Brennstoffzelle und elektrische Antriebe  | 150        |
| 7.4 Biogene Energieträger der 3. Generation   | 151        |
| <b>8 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS</b>                                      | <b>152</b> |

## 5. Kapitel: Energie- und Klimapolitik

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 DIE ENERGIEWENDE, EINE AUFGABE FÜR POLITIK UND ZIVILGESELLSCHAFT</b>                                    | <b>156</b> |
| 1.1 Her mit der Energiewende!  | 156        |
| 1.2 Subventionspolitik verhält sich konträr zum Klimaschutz  | 157        |
| 1.3 Die Kosten des Klimaschutzes   | 158        |
| <b>2 INTERNATIONALE KLIMAPOLITIK</b>   | <b>159</b> |
| 2.1 Die Vereinten Nationen: Agenten des Klimaschutzes  | 159        |
| 2.1.1 Von Rio nach Kyoto   | 160        |
| 2.1.2 1998 bis 2001: Internationales Abkommen oder nationaler Egoismus?                                      | 160        |
| 2.1.3 Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls bis 2012  | 161        |
| 2.2 Welche Mengen Treibhausgase dürfen noch emittiert werden?  | 162        |
| 2.3 Handel mit Verschmutzungsrechten: Wirksame Maßnahme oder Irrweg?   | 164        |
| 2.4 Klimapolitik in Europa: Ambitionierte Ziele des Energie- und Klimapakets der EU                          | 164        |
| 2.5 Verlagerung der Verantwortung  | 166        |
| 2.6 Klimapolitik in Österreich   | 166        |
| 2.6.1 Umsetzung der Energiestrategie: Nationaler Aktionsplan für den Ausbau erneuerbarer Energie             | 167        |
| 2.6.2 „Zahltag“ für Österreichs Verfehlung der Kyoto-Ziele   | 168        |
| 2.7 Höchste Zeit für das Verursacherprinzip: Klimaschutz als nationale Verantwortung                         | 169        |
| <b>3 QUELLEN DER TREIBHAUSGASE: WO MUSS ANGESETZT WERDEN?</b>  | <b>170</b> |
| 3.1 Die Rolle der Energiewende: Ausnutzung des Potenzials der Erneuerbaren                                   | 171        |
| 3.2 Die Rolle der Stromerzeugung   | 171        |
| 3.2.1 Intelligente Kraftwerke und Stromnetze: Smart Grids  | 173        |
| 3.2.2 Strombörse   | 175        |
| 3.3 Die Rolle der Mobilität: Öffentlicher Verkehr, Herstellervorgaben und Biotreibstoffe                     | 175        |
| 3.3.1 Bis zu 90% CO <sub>2</sub> -Einsparpotenzial durch Biotreibstoffe gegenüber herkömmlichen Treibstoffen | 176        |
| 3.3.2 Eco-Driving spart Geld und CO <sub>2</sub>   | 176        |
| 3.4 Die Rolle der Gebäude: Private Haushalte und Dienstleistungssektor                                       | 177        |
| 3.4.1 Heizenergiebedarf der Gebäude  | 177        |
| 3.4.2 Effizienz der Gebäude: Baustandards und Energieausweis   | 178        |
| 3.5 Die Rolle der Landnutzungsänderung   | 179        |

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| 3.5.1 Wald: Ein nachhaltiger Rohstofflieferant                                      | 179        |
| 3.5.2 Die Rolle einer nachhaltigen Ernährung  | 181        |
| 3.5.3 Biolandbau spart nicht nur Emissionen ein                                     | 182        |
| <b>3.6 Die Rolle der Industrie: Langlebige Produkte aus nachhaltigen Rohstoffen</b> | <b>183</b> |
| 3.6.1 Recycling – Produktion im Kreislauf   | 184        |
| 3.6.2 Kunststoffe aus Biomasse  | 185        |
| <b>4 HANDLUNGSANWEISUNGEN: WAS KANN ICH TUN?</b>                                    | <b>187</b> |
| 4.1 Das Modell ökologischer Fußabdruck  | 187        |
| 4.2 Das Modell ökologischer Rucksack  | 188        |
| 4.3 Energiesparen durch Transparenz: Die Klassifizierung von Produkten              | 188        |
| 4.3.1 Energieeffizienzlabel für Fahrzeuge: Ein Negativbeispiel aus Deutschland      | 189        |
| 4.3.2 Energieeffizienzlabel für Gebäude: Der Energieausweis                         | 189        |
| 4.4 Nachhaltiger Konsum: Zertifizierungssysteme als Hilfe zur Kaufentscheidung      | 190        |
| 4.4.1 Labels für biologisch erzeugte Lebensmittel                                   | 191        |
| 4.4.2 Nachhaltigkeitszertifizierungen für Kleidung und Textilien                    | 191        |
| 4.4.3 Nachweis für biobasierte Kunststoffe  | 192        |
| 4.4.4 Holz aus nachhaltiger Holzwirtschaft  | 192        |
| <b>5 QUELLENANGABEN UND LITERATUR</b>   | <b>193</b> |

## 6. Kapitel: Das Klima im Wandel

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 LEBEN AUF DER ERDE: KLIMA IM WANDEL</b>                                      | <b>196</b> |
| 1.1 Faktoren für den Klimawandel  | 196        |
| 1.1.1 Klimawandel: Ein Wechselspiel der Sphären                                   | 197        |
| 1.1.2 Die Rolle der Atmosphäre  | 197        |
| <b>2 EINFLÜSSE DER BIOSPHÄRE: MENSCH UND KLIMA</b>                                | <b>198</b> |
| 2.1 Ein Kreislauf mit Unwucht: Wie der Mensch den Klimawandel beeinflusst         | 198        |
| 2.1.1 Klimawirksamkeit: Das CO <sub>2</sub> -Äquivalent                           | 199        |
| 2.2 Nutzung fossiler Brennstoffe  | 200        |
| 2.3 Kohlenstoffkreisläufe in unserem Ökosystem                                    | 201        |
| 2.4 Photosynthese: Die wichtigste Reaktion für das Leben in unserem Ökosystem     | 202        |
| 2.5 Bildung von Kohlenstoffsinken – fossile Energieträger im Kohlenstoffkreislauf | 203        |
| 2.5.1 Entstehung von Kohle  | 203        |

|   |            |
|---|------------|
| 2.5.2 Entstehung von Erdöl und Erdgas                                 | 204        |
| 2.6 CO <sub>2</sub> -neutraler Kreislauf versus fossile Einbahnstraße | 205        |
| <b>3 EINFLÜSSE DER GEOSPHERE AUF DEN KLIMAWANDEL</b>                  | <b>206</b> |
| 3.1 Verwitterung: Der Silikat-Karbonat-Kreislauf                      | 206        |
| 3.2 Plattentektonik   | 207        |
| 3.3 Gebirgsbildung  | 208        |
| 3.4 Die Kontinentaldrift  | 209        |
| 3.5 Vulkanismus   | 209        |
| 3.6 Wechselspiel mit der Hydrosphäre                                  | 211        |
| <b>4 DER MENSCHGEMACHTE KLIMAWANDEL</b>                               | <b>212</b> |
| 4.1 Die Auswirkungen des Klimawandels                                 | 212        |
| 4.2 Mathematische Klimamodelle als Grundlage der Projektion           | 214        |
| 4.3 Folgen der Klimaerwärmung bis 2100                                | 215        |
| 4.4 Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte                        | 217        |
| 4.4.1 Erdaltertum: Die Bildung unserer jetzigen Atmosphäre            | 218        |
| 4.4.2 Erdmittelalter: Überwiegend warm                                | 218        |
| 4.4.3 Die Erdneuzeit: Tendenz abkühlend                               | 219        |
| 4.4.4 Die aktuelle Warmzeit: Das Holozän                              | 220        |
| 4.4.5 Das holozäne Optimum  | 221        |
| <b>5 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS</b>                      | <b>223</b> |

## 7. Kapitel: Die Klimamaschine Erde

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 DIE SONNE, QUELLE ALLEN LEBENS</b>                             | <b>226</b> |
| 1.1 Zur Entstehung unseres Sonnensystems                            | 226        |
| 1.2 Aufbau der Sonne  | 227        |
| <b>2 BEZIEHUNG ZWISCHEN SONNE UND ERDE</b>                          | <b>228</b> |
| 2.1 Erdumlaufbahn   | 228        |
| 2.2 Erdrotation und Neigung der Erdachse                            | 229        |
| 2.3 Störungen der Umlaufbahn und Erdrotation: Die Milankovic-Zyklen | 230        |
| 2.4 Sonnenverlauf an verschiedenen Standorten                       | 230        |

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Inhalt

|  |            |
|--|------------|
| <b>2.5 Die Beschaffenheit der Erde</b>                       | <b>231</b> |
| 2.5.1 Die Rolle der Atmosphäre                               | 231        |
| 2.5.2 Das Innere der Erde und die Rolle der Magnetosphäre    | 233        |
| 2.5.3 Die Erdoberfläche und ihre Auswirkungen                | 233        |
| <b>3 FUNKTIONSBEDINGUNGEN DER KLIMAMASCHINE ERDE</b>         | <b>235</b> |
| <b>3.1 Vom Wetter zum Klima</b>                              | <b>235</b> |
| <b>3.2 Atmosphäre und Hydrosphäre</b>                        | <b>237</b> |
| 3.2.1 Die globale Zirkulation                                | 237        |
| 3.2.2 Corioliskraft  | 238        |
| 3.2.3 Auswirkungen am Äquator und an den Wendekreisen        | 238        |
| 3.2.4 Auswirkungen an den Polen und Polarkreisen             | 239        |
| 3.2.5 Die Rolle der Ozeane                                   | 240        |
| <b>3.3 Ausprägung der Klimazonen</b>                         | <b>241</b> |
| 3.3.1 Tropen und subtropische Zonen                          | 241        |
| 3.3.2 Gemäßigte Zonen  | 242        |
| 3.3.3 Polare und subpolare Zonen                             | 243        |
| 3.3.4 Gebirgsklima und Gebiete im Regenschatten von Gebirgen | 244        |
| 3.3.5 Das Klima in Österreich                                | 245        |
| <b>4 DYNAMIK DES WETTERS UND KLIMAPHÄNOMENE</b>              | <b>246</b> |
| <b>4.1 Die Entstehung des Wetters</b>                        | <b>246</b> |
| <b>4.2 Vom Wind zum Sturm</b>                                | <b>247</b> |
| <b>4.3 Klimaphänomene</b>                                    | <b>249</b> |
| 4.3.1 El Niño und La Niña                                    | 249        |
| 4.3.2 Nordatlantische Oszillation (NAO)                      | 250        |
| <b>5 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS</b>             | <b>251</b> |

### 2 BILDUNGSOFFENSIVE ERNEUERBARE ENERGIE: ANSÄTZE UND METHODEN

#### 2.1 Bewusstsein schaffen – eine Herausforderung für die Pädagogik

Die Begriffe Klima- und Umweltschutz sind allgegenwärtig. Was sie allerdings genau bedeuten und wie die einzelnen Aspekte zusammenspielen, kann erst bei näherer Betrachtung und Analyse herausgefunden werden. Um eine nachhaltige Entwicklung auf unserer Erde zu fördern, ist eine Bewusstseinsbildung für Umweltschutz wesentlich. Dieses Bewusstsein zu schaffen, ist eine Herausforderung für die Pädagogik. Es liegt in ihrer Hand, die nächste Generation von Konsumentinnen und Konsumenten auf ihre Verantwortung aufmerksam zu machen und für einen verantwortungsbewussten Umgang mit Ressourcen zu sensibilisieren. Bildung ist die unerlässliche Voraussetzung zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung; sie ist die Basis für eine Verbesserung der Fähigkeiten des Menschen, sich mit Umwelt und möglichen Entwicklungsaufgaben auseinanderzusetzen. Ziel ist es, den Menschen zum aktiven Mitdenken und Mitwirken zu motivieren und ihn zur Gestaltung einer ökologisch verträglichen, wirtschaftlich leistungsfähigen und sozial gerechten Welt zu befähigen.

#### 2.2 Energiepolitik am Scheideweg

Die Energiewende ist zwar in aller Munde, stößt aber immer noch auf große Widerstände des etablierten, überwiegend auf fossilen Energien beruhenden, Energiesystems. Leider hat in der Energiewirtschaft oftmals noch der kurzfristige Profit Vorrang vor Maßnahmen des Klimaschutzes und Zukunftsdanken. Schon seit Jahren gibt es Warnungen vor der Verknappung der Öl- und Gasreserven und vor dem sich verschärfenden Klimawandel. Auf der anderen Seite werden aber auch gezielt gegenteilige Aussagen gestreut und die Probleme verharmlost. Menschen neigen dazu, nur jene Informationen aufzunehmen, die ihren bisherigen Erfahrungen entsprechen. Das Ausblenden von Fakten, die eine grundlegende Änderung der eigenen Position erfordern würden, ist eine häufige Reaktion, um sich anstrengende Lernprozesse zu ersparen. Genau an dieser Stelle ist die Bildungsarbeit gefordert. Junge Menschen sind in der Regel aufgeschlossen für neue Erkenntnisse, die eine Umstellung erforderlich machen. Gelingt es, die junge Generation von der Notwendigkeit der Energiewende und des Klimaschutzes zu überzeugen, kann der Umstieg auf erneuerbare Energien vollzogen werden und eine Klimakatastrophe verhindert werden.

#### 2.3 Projekt Energiezukunft für Jugendliche

Alle Pläne zur Erreichung der Klimaschutzziele, wie die Energiestrategie der österreichischen Bundesregierung, sind auf die engagierte Mitarbeit aller Bürgerinnen und Bürger angewiesen. Dies gilt insbesondere für die Jugendlichen, denn sie werden von der Energiezukunft am meisten betroffen sein. Doch in den Schulen fehlt es oft an den nötigen Mitteln, um die Wichtigkeit der Energiewende darstellen zu können. Hemmschuhe sind Desinteresse und Unterinformation bei Jugendlichen, zum Teil fehlende Informationen bei Lehrerinnen und Lehrern und das Nichtvorhandensein von adäquaten Schulunterlagen. Ziel der vorliegenden „Bildungs- und Informationsoffensive Erneuerbare Energie – Energiezukunft für Jugendliche“ ist das Wecken von Interesse für das Themenfeld erneuerbare Energien im regionalen Umfeld und für die Energiewende. Die Bildungsmaßnahme richtet sich an Lehrerinnen und Lehrer, die sich mit der künftigen Energieversorgung in der Region sowie der globalen Klimaproblematik beschäftigen. Sie soll zur Orientierung in der immer unübersichtlicher werdenden Welt der Energieversorgung dienen und ein solides Basiswissen zu sämtlichen Bereichen des Themenkomplexes Klima und nachhaltige Energie vermitteln. In einem interaktiven Lehrmittelzentrum finden die Lehrenden Medien, Experimente, interaktive Spiele, sowie Texte und Arbeitsaufträge aller Art zur Förderung des autonomen Wissenserwerbs. Die Unterrichtsmaterialien werden in Form eines Druckwerks, sowie über eine Online-Datenbank zur Verfügung gestellt.

#### 2.4 Lernziele und geförderte Kompetenzen

Im Unterricht werden Lehrerinnen und Lehrer, die sich mit Themen der Umweltbildung befassen, gleichzeitig mehreren Ansprüchen gerecht: Sie sensibilisieren ihre Schülerinnen und Schüler für die eigene globale Verantwortung und fördern dabei die bildungstheoretischen Ansprüche von Offenheit, Reflexivität und Zukunftsfähigkeit. Zum Erwerb der angestrebten Schlüsselkompetenzen Partizipation, Dialogfähigkeit und Selbstreflexion bedarf es mehrperspektivischen, interdisziplinären Denkens und Arbeitens sowie eines sensiblen Umgangs. Ein Prozess des Umdenkens kann erst durch die kritische Auseinandersetzung mit einem vielseitigen und aktuellen Sach- und Orientierungswissen in Gang gebracht werden. Letztendlich kann eine nachhaltige Entwicklung nur durch aktive Mitwirkung gestaltet werden. Eine Auseinandersetzung mit faktischem, systematisch aufgearbeitetem Wissen hilft den Schülerinnen und Schülern, die wie alle Menschen eine Konstruktion einer Wirklichkeit entwickeln, diese kritisch zu hinterfragen. Die frühe Auseinandersetzung mit globalen Themen schafft ein erweitertes Bewusstsein für die Notwendigkeit alternativer Ansätze. So sollen die jungen Menschen auf eine verantwortungsbewusste und selbstreflektierte Teilnahme an der Gesellschaft vorbereitet werden.

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Bildungsoffensive Erneuerbare Energie: Ansätze und Methoden

### 2.5 Methode mit ganzheitlichem und fächerübergreifendem Anspruch

Die vorliegende Sammlung soll Lehrenden als Werkzeugkoffer dienen. Zur Einführung bieten sich Fragestellungen aus dem Alltag der Jugendlichen an. Die Komplexität von Zahlen und Fakten wird dabei durch Beispiele veranschaulicht. Mithilfe des Anschauungsmaterials – bestehend aus didaktisch aufbereiteten, verständlichen Darstellungen – kann mit dem neuen Wissen direkt an die Erfahrungen der Jugendlichen angeknüpft werden. Das Wiedererkennen von gelernten Inhalten in der Lebenswelt der Jugendlichen hilft dabei, das neue Wissen durch seine Nachvollziehbarkeit zu festigen. Informations- und Unterrichtsmaterialien decken Themenbereiche ab, die das interdisziplinäre Feld der Klimaforschung und Umweltbildung behandeln. Ziel dieser Sammlung ist es, dem fächerübergreifenden Ansatz gerecht zu werden.

#### 2.5.1 Am Anfang war das Staunen, die Frage eine Folge davon

Interesse und Aufnahmebereitschaft kann durch Staunen angeregt werden. Viele Erscheinungen unseres Alltages, wie zum Beispiel der Lauf der Sonne oder das Wetter, können dabei als Aufmacher oder Anregung dienen. Was für unsere Vorfahren in Jäger- und Sammlergesellschaften noch lebensnotwendig war, entzieht sich der Wahrnehmung des modernen Menschen. In einer zunehmend schnelllebigeren Welt scheint für die Frage nach den Grundlagen und dem Nachdenken über diese Zusammenhänge keine Zeit zu sein. Aufgabe der Lehrenden ist es auch hier, Neugierde für neue Fragen und Themen zu schaffen und im Unterricht dafür Raum zu geben. Ausgehend von der Annahme, dass der Mensch von Natur aus wissbegierig und begeisterungsfähig ist, versucht diese Materialsammlung, Einstiegsmöglichkeiten dazu anzubieten, wie ein Phänomen erlebbar gemacht werden kann.

#### 2.5.2 Erleben durch eigenes Handeln

Die Aneignung von Wissen wird besonders über das selbsttätige Handeln gefördert. Zum lebensnahen Erarbeiten und Verstehen der Phänomene sind eigene Erfahrungen nötig. Erst durch eine aktive Auseinandersetzung können echte Erfahrungen gemacht und Zusammenhänge hergestellt werden. Daher ist es wichtig, dass Schülerinnen und Schüler selbst Experimente durchführen. Im Anschluss soll das Erlebte mittels gemeinsamem Reflektieren und Wiederholen zu Wissen verfestigt werden. Es empfiehlt sich, neue Begriffswelten eines Themas von den Jugendlichen selbst erarbeiten zu lassen. Zur Herleitung von Begriffen eignet sich beispielsweise Brainstorming.

#### 2.5.3 Reflexion

Vonseiten der Lehrerinnen und Lehrer wird im Umgang mit der Thematik verlangt, fremde und eigene Leitbilder zu reflektieren, um mit Vielschichtigkeit und Widersprüchen umgehen zu können. Die Bearbeitung aktueller Geschehnisse, zum Beispiel anhand von Zeitungsausschnitten, hilft bei der lebensweltlichen Anknüpfung an den Alltag der Jugendlichen. In Verbindung mit Sachwissen und Anschauungsmaterialien wird für die Jugendlichen die Sinnhaftigkeit des erworbenen Wissens deutlich gemacht und eine optimale Verwertbarkeit des Gelernten erzielt. Reflexionen können in Form von Diskussionen oder Rollenspielen erfolgen. Beide Methoden fördern soziale und sprachliche Kompetenzen. Rollen- und Gruppenspielen bieten sich vor allem als Einleitung oder zur Auflockerung an.



*„Wir selbst tragen eine Verantwortung für das Ökosystem Erde und die menschliche Gesellschaft, die wir nicht an die Politik abgeben dürfen. Jeder Mensch muss die Verantwortung für sein Handeln übernehmen, nur so ist eine bessere und gerechtere Zukunft für alle Menschen möglich. Die Sensibilisierung für diese Verantwortung muss als eine zentrale Aufgabe der Pädagogik gesehen werden.“*

„ Daniel ThemeBl-Kollewijn, verantwortlich für den Inhalt dieser Sammlung “

ABBILDUNG 1: Daniel ThemeBl-Kollewijn - BILD: Barbara Maly

### 3 STRUKTUR DER MATERIALSAMMLUNG

Durch die systematische Aufbereitung der Schwerpunkte in dieser Materialiensammlung sollen die komplexen Themengebiete der Umweltbildung zugänglich gemacht werden. Die Bedienelemente werden hier vorgestellt und der Umgang mit ihnen erläutert.

Diese Sammlung bietet keine explizite Ausarbeitung von Stundenbildern, sondern verfolgt den Anspruch, Material für eine eigenständige Unterrichtsplanung bereitzustellen. Um auf die Bedürfnisse und Fähigkeiten einzelner Gruppen und Individuen bestmöglich eingehen zu können, muss diese Transferleistung von den Lehrenden erbracht werden. Aufgrund Ihrer Arbeit mit den Gruppen und Individuen verfügen Sie über die Kompetenz dazu. Diese Sammlung, gibt Ihnen dabei Tipps und stellt Hintergrundwissen sowie die Verknüpfung zu den zahlreichen Anschauungsmaterialien und Arbeitsaufgaben zur Verfügung.

#### 3.1 Skriptum und Datenbank

Das Ihnen vorliegende Skriptum dient in erster Linie der Verwendung durch Lehrende. Es folgt einem linearen Aufbau, kann aber aufgrund von inhaltlichen Verweisen quergelesen werden. Die Themengebiete werden dabei anhand von Leitfragen abgehandelt. Einige davon sollen an dieser Stelle den roten Faden erläutern: Die Geschichte der Menschheit ist eine Geschichte der Energie. Doch was bedeutet das? Warum steht und fällt die Entwicklung menschlicher Kultur mit der Nutzung von Energie? Wie hoch ist unser Energiebedarf? Welche Energiequellen gibt es und wie können sie erschlossen werden? Welche Auswirkungen hat ihre Nutzung? Wie geht unsere Gesellschaft mit der Erschließung von Energiequellen und den damit verbundenen Auswirkungen um? Welche Interessenkonflikte treten dabei auf und welche regulativen Instrumente hat die menschliche Gesellschaft dabei hervorgebracht? Warum hat die Art und Weise der Energiebereitstellung so große Auswirkungen und welche Mechanismen spielen dabei zusammen? Wie funktioniert überhaupt die Klimamaschine Erde, wie konnte auf ihr Leben entstehen und welche Voraussetzungen müssen auch in Zukunft für die Entwicklung des Lebens gegeben sein?

Neben dem gedruckten Skriptum stehen unter der URL [www.biomasseverband.at/lehrmittelzentrum](http://www.biomasseverband.at/lehrmittelzentrum) alle Inhalte digital in Form einer Datenbank zur Verfügung. Sie finden dort auch das Skriptum als interaktives PDF. Verzeichnisse, Unterrichtsmaterialien und alle Querverweise sind in diesem Dokument verlinkt.

**ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND**  
AUSTRIAN BIOMASS ASSOCIATION

Benutzername: ..... Anmelden >  
ÖBMV Registrierung Kennwort vergessen?

HOME ÜBER UNS BIOENERGIE PUBLIKATIONEN VERANSTALTUNGEN SERVICE PRESSE ANMELDUNG

**BIOEE Interaktives Lehrmittelzentrum**

In unserem interaktiven Lehrmittelzentrum können Sie sich individuell Materialien für Ihren Unterricht zusammenstellen. Schränken Sie dazu einfach die Suchergebnisse beliebig ein. Nutzen sie auch die Funktionen des Stöbers oder der Schlagwortsuche. Haben Sie gefunden wonach Sie suchen? Lassen Sie sich bequem ein Archiv zum Download bereitstellen.

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND UND EUROPÄISCHER UNION

**Stöbern sie im Skriptum**

| Kategorie  | Größe   |
|--|---------|
| 0. KAPITEL: EINLEITUNG                           | 10,6 MB |
| 1. KAPITEL: ENERGIE                              | 3,7 MB  |
| 2. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER                | 3,5 MB  |
| 3. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT (ERNEUERBARE ENERGIE) | 11,2 MB |
| 4. KAPITEL: ENERGIETECHNIK (ERNEUERBARE ENERGIE) | 4,7 MB  |
| 5. KAPITEL: DAS KLIMA IM WANDEL                  | 3,4 MB  |
| 6. KAPITEL: DIE KLIMAMASCHINE ERDE               | 4,1 MB  |
| MATERIALSAMMLUNG                                 | 5,8 MB  |
| Gesamtes Skriptum                                | 36,6 MB |

ABBILDUNG 2: Digitales Skriptum als interaktives PDF zum Download bereitgestellt - BILD: BIOEE Datenbank URL: [www.biomasseverband.at/lehrmittelzentrum](http://www.biomasseverband.at/lehrmittelzentrum)

Die Datenbank hat eine Suchmaske die Sie gezielt zu Materialien für Ihre Unterrichtsvorbereitung führt. Kategorien für die Suchanfrage sind Schulform, Schulstufe, Fachbereich und verfügbare Materialtypen; Sie können eine oder mehrere Kategorien verwenden, um Ihre Suchanfrage zu präzisieren. Selbstverständlich ist auch eine Stichwortsuche oder eine Kombination von Stichwort und Kategorie in diesem Schritt möglich. Im Anschluss werden alle Ergebnisse der Suchanfrage aufgelistet. Haben Sie das gewünschte Thema gefunden, klicken Sie darauf, um sich alle dazu vorhandenen Materialien anzeigen zu lassen.

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Struktur der Materialsammlung

**Schlagwortsuche**

Stichworte:  **FINDEN**

---

**Erweiterte Suche**

**Schulform**

Allgemein bildende höhere Schulen AHS  Berufsbildende Schulen BMHS  Hauptschulen HS und Kooperativ Mittelschule KMS

**Schulstufe**

5. Schulstufe  7. Schulstufe  9. Schulstufe  11. Schulstufe  13. Schulstufe  
 6. Schulstufe  8. Schulstufe  10. Schulstufe  12. Schulstufe

**Unterrichtsfächer**

Bewegung und Sport  Englisch Lebende Fremdsprache  Technisches und Textiles Werken  
 Bildnerische Erziehung  Geographie und Wirtschaftskunde  Betriebswirtschaft und Rechnungswesen BMHS  
 Biologie und Umweltkunde  Geschichte und Sozialkunde / Politische Bildung  Forstwirtschaft BMHS  
 Chemie  Mathematik  Ländliche Entwicklung BMHS  
 Deutsch  Physik  Volkswirtschaft BMHS

**Unterrichtsmaterialien und Pakete und weitere Sucheinschränkungen**

Hintergrundwissen  Experimente  Videos  
 Arbeitsaufträge  Interaktive Materialien  Präsentationen  
 Exkurse  Spiele  Nur Ergebnisse mit direktem Lehrplanbezug anzeigen

**FINDEN**

ABBILDUNG 3: Präzisieren Sie Ihre Suchanfrage - BILD: BIOEE Datenbank URL: www.biomasseverband.at/lehrmittelzentrum

**Ihre Suche ergab 5 Treffer**

| Schule | Alter     | Unterrichtsfach       | Thema                | Lehrplanbezug   |
|--------|-----------|-----------------------|----------------------|---|
| AHS    | 5. Klasse | Geographie            | Vom Wetter zum Klima | Die soziale, ökonomisch und ökologisch begrenzte Welt<br>Gliederungsprinzipien der Erde nach unterschiedlichen Sichten      |
| AHS    | 6. Klasse | Geographie            | Die Klimazonen       | Die soziale, ökonomisch und ökologisch begrenzte Welt<br>Landschaftsökologische Zonen der Erde                              |
| AHS    | 7. Klasse | Physik                | Die Corioliskraft    | Denken in Modellen; Größenordnungen im Mikro- und Makrokosmos<br>kennen und unsere Stellung im Universum einschätzen können |
| LFS    | 7. Klasse | Ländliche Entwicklung | Der Wald             | Die soziale, ökonomisch und ökologisch begrenzte Welt<br>Landschaftsökologische Zonen der Erde                              |

**NEUE SUCHE**

ABBILDUNG 4: Auflistung aller Suchergebnisse - BILD: BIOEE Datenbank URL: www.biomasseverband.at/lehrmittelzentrum

Sie können nun einzelne Materialien sofort herunterladen oder ein individuelles Paket, gefüllt mit Unterrichtsmaterialien und Hintergrundinformation, zusammenstellen. An dieser Stelle werden Sie auch auf andere Themen hingewiesen, die entweder auf den gewählten Unterlagen aufbauen oder inhaltlich dazu passen.

**Vom Wetter zum Klima**

| Schule | Alter     | Unterrichtsfach | Thema                | Lehrplanbezug  |
|--------|-----------|-----------------|----------------------|--|
| AHS    | 5. Klasse | Geographie      | Vom Wetter zum Klima | Die soziale, ökonomisch und ökologisch begrenzte Welt<br>Gliederungsprinzipien der Erde nach unterschiedlichen Sichtweisen |

| Material                        | Details   | download | zu Paket hinzufügen                 |
|---------------------------------|-----------|----------|-------------------------------------|
| Hintergrundinformation Skriptum |           |          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Präsentation                    | 30 Folien |          | <input type="checkbox"/>            |
| Material für Handout            |           |          | <input checked="" type="checkbox"/> |

**Downloadpaket: Gesamtgröße 36,5 MB** **PAKET DOWNLOADEN**

**NEUE SUCHE** **ZURÜCK**

ABBILDUNG 5: Verfügbare Materialien stehen nach gezielter Suchanfrage zum Download bereit BILD: BIOEE Datenbank URL: http://biomasseverband.at/lehrmittelzentrum

### 3.2 Fach- und Lehrplanbezug

Die Materialsammlung verfolgt vor allem den Anspruch, einen Überblick zu schaffen, Zusammenhänge aufzuzeigen und Einstiegsmöglichkeiten für Fachgebiete zu anbieten. Ausgewiesene Fachbezüge sind somit nicht als Gesamtpaket zur Abhandlung eines Absatzes im Lehrplan zu verstehen, sondern vielmehr als Auftakt zu einer Reise in die Welt der einzelnen Fachgebiete. Fachbezüge können für ein spezielles Thema auch in mehreren Fachrichtungen vorhanden sein – so werden Zusammenhänge deutlich. Diese Überschneidungsbereiche zeigen Möglichkeiten für den interdisziplinären Unterricht in Ihren Klassen oder auch Ansatzpunkte für klassenübergreifenden Projektunterricht auf.

Werden einzelne Themenbereiche mit einem Lehrplanbezug ausgewiesen, so sind diese ebenso als inhaltliche Bezüge zu verstehen und nicht als Gesamtpaket, das einen entsprechenden Bereich des Lehrplanes abdeckt. Der Lehrplanbezug ist allerdings eine differenziertere Zuordnung als der Fachbezug. Ein Lehrplanbezug besteht, wenn ein Thema hinsichtlich Schulform, Schulstufe und Fachbereich mit dem Lehrplan übereinstimmt.

## 4 DER GRAFISCHE LEITFADEN

### 4.1 Hervorhebung durch farbige Textkästen

Durch die Sammlung begleiten Sie vier verschiedenfarbige Textkästen. In den grünen Kästen finden Sie Informationen zum jeweiligen Thema, bestehend aus besonderen Fakten und interessanten Zahlen. Die roten Kästen richten sich direkt an Sie und liefern Erfahrungswerte, Tipps und Tricks sowie spezielle Gebrauchsanweisungen. Zitate und Statements sind mit blauen Textkästen gekennzeichnet; zu Wort kommen Expertinnen und Experten, die sich mit dem behandelten Themenbereich auseinandergesetzt haben. Am Anfang eines jeden Kapitels sind in den gelben Kästen die Leit- und Forschungsfragen formuliert.

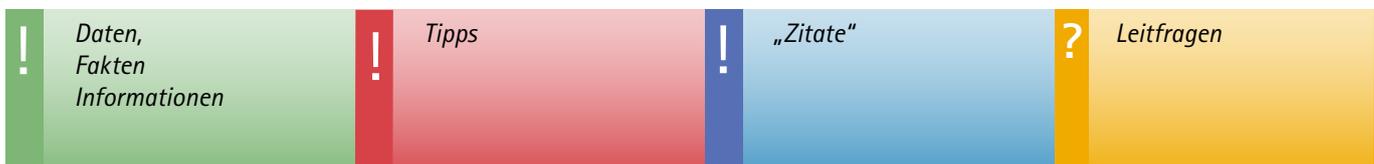


ABBILDUNG 6: Textkästen begleiten Sie durch die Sammlung

### 4.2 Navigationsleiste an den Seitenrändern

Im linken und rechten Randbereich jeder Seite befindet sich eine graue Navigationsleiste. Sie dient als Leitsystem. Ausgewiesen werden die entsprechenden Fachbezüge eines Abschnittes. In diesem Leitsystem befinden sich auch alle Verweise zu passenden Medien oder anderen Stellen im Skriptum. Details zu den Unterrichtsmaterialien und Querverweisen finden Sie an entsprechender Stelle auch im Fließtext. Wohin ein Querverweis führt, ist aus dem angegebenen Pfad zu entnehmen. Der Pfad besteht aus zwei Zahlen und einem Schrägstrich, wobei die Zahl davor die Nummer des Kapitels angibt und jene danach die entsprechende Seitenzahl. Ein Beispiel für eine Adresse ist 05/51; sie bezieht sich auf Seite 51 des 5. Kapitels. Auf mehrere Querverweise wird mit einem Symbol und mehreren Pfaden verwiesen.



ABBILDUNG 7: Fachbezüge und Verweise zu Unterrichtsmaterialien und anderen Themen der Sammlung

# 1. KAPITEL: EINLEITUNG

## Der grafische Leitfaden

Die gesammelten Materialien sind in Kategorien geordnet und als solche gekennzeichnet. Zu den Materialkategorien zählen Arbeitsaufträge (1), Exkurse (2), Medien wie etwa Präsentationen (3) und Video-/Audio-Dateien (4), Experimente (5), Magnetcharts (6) sowie Texte (7). Die Materialien stehen in der Datenbank zum Download für Sie bereit. Der Weg dorthin führt über die Suchmaske: Tippen Sie dazu die fortlaufende Nummer in das Feld der Stichwortsuche und setzen Sie ein Häkchen bei der entsprechenden Kategorie. In der digitalen Version des Skriptums sind alle Materialien im zusätzlichen Kapitel „Materialsammlung“ zusammengefügt und mit den entsprechenden Stellen im Skriptum sowie mit der Datenbank verlinkt. So werden Sie direkt zum Download der gewünschten Materialien geführt. Die Präsentationen sind mit Notizen versehen – vergewissern Sie sich, dass diese Funktion in ihrer Software aktiviert ist. Sämtliche Materialien wurden für das Lehrmittelzentrum konzipiert und dürfen somit von Lehrkräften ausdrücklich im Unterricht verwendet werden.

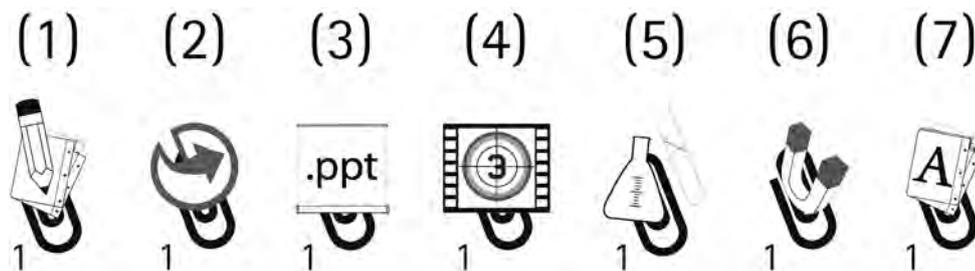


ABBILDUNG 8: Symbole für die sieben Materialkategorien verweisen auf die Unterrichtsmaterialien

### 4.3 Grafischer Leitfaden der Materialien



ABBILDUNG 9: Ein Ampelsystem kennzeichnet die Eignung der Materialien für die mit Kürzeln angegebenen Unterrichtsfächer

Auf allen Unterrichtsmaterialien wird angegeben, mit welchem Zeitausmaß für die Bearbeitung gerechnet werden muss. 1 UE entspricht einer Unterrichtseinheit von 50 Minuten. Auch die Fächer, für die sich einzelne Materialien eignen, sind dargestellt. Verwendet werden die Kürzel (GWK) für Geographie und Wirtschaftskunde, (Ge) für Geschichte, (Wir) für Volks- und Betriebswirtschaft, (Ph) für Physik, (Ch) für Chemie, (BU) für Biologie und Umweltkunde, (LÜ) für Leibesübungen, (TeW) für Technisches Werken, (BE) für Bildnerische Erziehung, (D) für Deutsch und (M) für Mathematik. Die Zuteilung zu den Schulstufen erfolgt über ein Ampelsystem mit fließenden Grenzen, da die Einstufung nicht immer eindeutig sein kann. Wird für die Schulstufe grünes Licht gegeben, sind die entsprechenden Materialien für sie bestens geeignet. Bei oranger Farbe sind die entsprechenden Materialien nur bedingt für die entsprechende Schulstufe geeignet. Wird eine Schulstufe mit roter Farbe gekennzeichnet, eignen sich die betreffenden Materialien noch nicht oder nicht mehr für diese Stufe.

## Themen

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 DIE GESCHICHTE DER MENSCHHEIT, EINE GESCHICHTE DER ENERGIE</b>                   | <b>18</b> |
| 1.1 Jäger und Sammler: Nomaden der Steinzeit  | 18        |
| 1.2 Das Agrarzeitalter: Wie die Landwirtschaft die Gesellschaft veränderte            | 19        |
| 1.3 Das Industriezeitalter: Der Einsatz fossiler Brennstoffe wächst ins Unermessliche | 21        |
| 1.4 Das Informationszeitalter: Eine neue Epoche in der Menschheitsgeschichte          | 24        |
| 1.5 Die Nutzung von elektrischem Strom  | 25        |
| 1.6 Geschichte der österreichischen Elektrizitätswirtschaft                           | 26        |
| <b>2 HERAUSFORDERUNG DER ENERGIEVERSORGUNG</b>  | <b>27</b> |
| 2.1 Ungleiche Verteilung  | 27        |
| 2.2 Importabhängigkeit  | 30        |
| 2.3 Der menschliche Energiebedarf und seine Bereitstellung                            | 32        |
| <b>3 ENERGIE IN NATURWISSENSCHAFTLICHEN ZUSAMMENHÄNGEN</b>                            | <b>36</b> |
| 3.1 Einheiten und Definitionen  | 36        |
| 3.2 Formen von Energie  | 37        |
| 3.3 Energie in technischen Prozessen  | 41        |
| 3.4 Energiegehalt verschiedener Brennstoffe   | 42        |
| <b>4 QUELLENANGABEN UND LITERATUR</b>   | <b>44</b> |

### Lernziele

- Grundbegriffe zum Thema Energie kennenlernen und verstehen
- Sensibilisierung für menschlichen Energiebedarf und die Bedeutung von Energie für das menschliche Leben
- Sensibilisierung für Ressourcenbelastung durch Energiebereitstellung
- Sensibilisierung für die derzeitige Situation der Energieversorgung
- Verständnis der physikalischen Definitionen von Energie
- Eigenständige Beschreibung einer Energienutzungskette

### Geförderte Kompetenzen

- Diskussionsbereitschaft
- Kommunikationsfähigkeit, Training von Soft Skills
- Reproduktion und Anwendung von erarbeitetem Fachwissen
- Naturwissenschaftliches Verständnis
- Erkennen von gesellschaftlichen und ökologischen Zusammenhängen

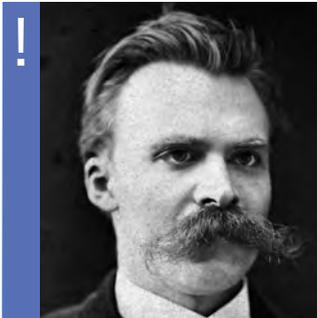


*Wie hängt die Kulturgeschichte der Menschheit mit der Verfügbarkeit von Energie zusammen? Welchen Stellenwert hat der Zugang zu Energie für eine Gesellschaft und die Individuen, die in ihr leben? Lässt sich aus einer Analyse des Energiebedarfs ableiten, welche soziale und ökologische Tragweite dieser für die globale Gesellschaft hat? Der Begriff Energie aus naturwissenschaftlicher Sicht: Welche Formen von Energie werden durch die Physik beschrieben und wo treffen wir sie in unserem Alltag an? Inwieweit können wir durch die Definitionen und die verschiedenen Einheiten von Energie Rückschlüsse auf die Energiegeschichte und unseren heutigen Energieträgermix ziehen? Welche Prozesse und Strukturen beeinflussen unseren Energiebedarf und wie gestaltet sich in diesen Zusammenhängen unser Handlungsspielraum?*

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Die Geschichte der Menschheit, eine Geschichte der Energie

Energie kann einen Körper entgegen eine Kraft bewegen, eine Substanz erwärmen, elektromagnetische Wellen abstrahlen oder in Form von elektrischem Strom auftreten. Energie kann von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden, sie kann gespeichert und transportiert werden und dennoch ist sie kein Stoff. Pflanzen, Tiere und Menschen benötigen Energie, um zu leben.



„Der Satz vom Bestehen der Energie fordert die ewige Wiederkehr.“

” Friedrich Nietzsche, Philosoph (1844–1900) “

ABBILDUNG 10: Friedrich Nietzsche  
BILD: F Hartmann, Public Domain

Die begriffliche Welt rund um das Thema Energie ist sehr komplex, deshalb bietet es sich an, einen Einstieg aus der Lebensrealität der Jugendlichen zu wählen. Dieser könnte sich an den Fragen orientieren, was Energie in unserem Alltag bedeutet und wo wir dem Begriff begegnen. Dazu eignet sich eine Diskussion oder ein Brainstorming. Das Ergebnis dieses Prozesses wird verschiedene Aspekte des Themas hervorbringen, die direkt aus der Gruppe kommen. So wird der passende Einstieg ins Thema deutlich sichtbar. Eine mögliche Chronologie zur Erarbeitung der Begriffswelt rund um das Thema Energie soll hier beschrieben werden. Analysiert werden der Begriff Energie, beschrieben im Kontext der menschlichen Entwicklung, der Wandel unserer Gesellschaft und schließlich unser eigener Energiebedarf. Die Serie der Magnetcharts hat sich auch als direkter Einstieg bewährt; diese orientieren sich ebenfalls an der Lebenswelt der Jugendlichen.

### 1 DIE GESCHICHTE DER MENSCHHEIT, EINE GESCHICHTE DER ENERGIE

- ARBEITSAUFTRAG 3: Mein Energiebedarf und mein Gesamtenergieumsatz
- EXPERIMENT 5: Experiment zur Demonstration des Energiegehaltes von Lebensmittel
- TEXT 6: Die Körpermaschine Mensch (4 Seiten)

Um den Energiebedarf des Menschen zu beschreiben, kann man seine täglich erbrachte Leistung in Watt berechnen. Man geht dabei vom Grundumsatz aus und addiert den Leistungsumsatz dazu. Der Grundumsatz ist jene Menge an Energie, die zum Überleben notwendig ist. Der Leistungsumsatz beschreibt den Mehraufwand, der nötig ist, um Arbeit zu verrichten und z. B. Nahrung zu beschaffen. Gemittelt liegt die Leistung eines ruhenden Menschen zwischen 50 und 100 Watt, das ist in etwa die Leistung einer altmodischen Glühbirne. Pro Tag entspricht das einem Energiebedarf von 1,2–2,4 kWh. Bei leichter körperlicher Tätigkeit erhöht sich der Gesamtumsatz um 60 % des Grundumsatzes. Den Energiebedarf muss der Mensch durch die Zufuhr von Nahrung decken. Bei schwerer körperlicher Arbeit kann sich der Grundumsatz mehr als verdoppeln. Schwer arbeitende Menschen müssen also dementsprechend mehr Nahrung zu sich nehmen, um ihren Energiebedarf zu decken. Beispielsweise können Spitzensportler über kürzere Zeiträume 1–1,5 kW leisten, also etwa 2 PS.

Weiter mit: „3 Energie in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen“ K: 2, S: 36

#### 1.1 Jäger und Sammler: Nomaden der Steinzeit

Die Menschen lebten bis zum Ende der letzten Eiszeit vor 10.000 bis 15.000 Jahren noch als Jäger und Sammler und nutzten etwa das Sechsfache ihres Grundumsatzes in Form von Nahrungsmitteln und Brennstoff. Sie waren vor allem auf den Energiegehalt der Nahrung angewiesen, um ihr Überleben zu sichern.

Bis zu dieser Zeit wurde die Erde von etwa fünf bis zehn Millionen Menschen bewohnt. Der Energiebedarf der damaligen Jäger- und Sammlergesellschaften wurde durch Nahrung und Feuerholz gedeckt und wird auf 10 GJ pro Person und Jahr geschätzt.

1-5  
3  
5  
6  
2/36



ABBILDUNG 11: Energiebedarf Jäger- und Sammlergesellschaft 10 GJ pro Person und Jahr - QUELLE: Stefan Boyden, Rot = Grundumsatz

Obwohl die Größe der menschlichen Bevölkerung noch relativ gering war, sind die ökologischen Auswirkungen dieser Jäger- und Sammlergesellschaften nicht zu unterschätzen. Durch immer wirksamere Waffen und Jagdstrategien wurden viele Tierarten ausgerottet. Die Menschen verstanden sich schon früh darauf, mithilfe von Werkzeugen ihren Energieeinsatz zu verringern. Kleidung und schützende Behausungen halfen dabei, den

Energieeinsatz im Kampf gegen die klimatischen Bedingungen möglichst gering zu halten. Die wichtigste Energiequelle neben der Nahrung hatten diese Menschen bereits erschlossen: das Feuer. Durch die Nutzung des Feuers konnten die Menschen ihren Lebensraum um Gebiete erweitern, die vorher zu kalt gewesen waren. Außerdem konnte durch das Feuer ein größerer Anteil der in der Nahrung enthaltenen Energie genutzt werden. So konnten zum Beispiel Teile von gejagten Tieren, die ungebraten zu zäh waren, um verzehrt zu werden, durch das Braten im Feuer genießbar gemacht werden. Die Nutzung von Brennholz als Energiequelle kann somit als ein Grundstein der menschlichen Kultur angesehen werden.

Weiter mit: „2.5.3 Der Herd, eine Geschichte der Kochkultur“ K: 4, S: 107

### 1.2 Das Agrarzeitalter: Wie die Landwirtschaft die Gesellschaft veränderte

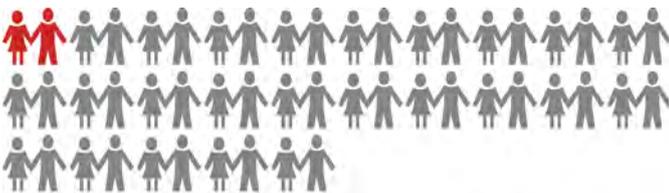


ABBILDUNG 12: Energiebedarf Agrargesellschaft: 40 bis 70 GJ pro Person und Jahr - QUELLE: Stefan Boyden, Rot = Grundumsatz

Nach dem Ende der letzten Eiszeit vor circa 10.000 bis 15.000 Jahren wurden die Menschen sesshaft und begannen mit Ackerbau und Viehzucht. Der zum Überleben notwendige Energiegehalt musste fortan durch die Erzeugung von Nahrung gedeckt werden. Die Zeit der Arbeit begann.

Bewirtschaftung des Landes, durch Ackerbau und Viehzucht, konnte die Ernährung der zunehmenden Bevölkerung sichergestellt werden.

#### EXKURS 7: Urgeschichtliche Museen in und um Österreich

Um einen Menschen nur durch die Jagd zu ernähren, war eine Fläche von etwa 1 km<sup>2</sup> Land erforderlich. Bei Bewirtschaftung eines solchen Gebietes konnten jedoch durch Viehzucht sieben Menschen und durch Ackerbau bis zu 100 Menschen ernährt werden. Die notwendige Arbeit zur Erzeugung von Nahrung wurde zum Teil auch von Tieren erbracht, wodurch die Bewirtschaftung des Landes effizienter betrieben werden konnte. Ochsen konnten nicht nur einen Pflug ziehen und somit ein Vielfaches der menschlichen Arbeit leisten, sie lieferten nebenbei auch Fleisch und Leder.

Bis zum Jahr 1500 wuchs der Energiebedarf vorindustrieller Agrargesellschaften auf etwa 40 GJ, in manchen Regionen sogar auf bis 70 GJ pro Person und Jahr an. Die Menschen nutzten das 18- bis 24-Fache ihres Energiegrundumsatzes, vor allem in Form von Nahrung sowie für Arbeitstiere, mit deren Hilfe sie die Feldarbeit verrichteten.

Biomasse wurde als Energieträger zum Kochen und Beheizen der Behausungen, zum Brennen von Lehmziegeln sowie auch zum Schmelzen von Metallen für die Erzeugung von Werkzeug und Waffen eingesetzt. Neben Stroh und getrockneten tierischen Exkrementen war Holz der wichtigste Brennstoff; zudem wurde es auch als Baumaterial eingesetzt. Die Auswirkungen der Menschheit auf das Ökosystem waren bereits in diesem Entwicklungsstadium schwerwiegend. Der Bedarf an Eisen nahm stetig zu, ebenso auch der Bedarf an Brennholz zur Verarbeitung des Eisens, was immer wieder zu Holzmangel führte. Der Wald-

Als Brennstoff kam nach wie vor Holz zum Einsatz. Seit 15.000 Jahren ist ein starkes Anwachsen der Weltbevölkerung zu verzeichnen. Bis zum Beginn unserer Zeitrechnung wuchs die Weltbevölkerung auf 200 bis 400 Millionen Menschen an. Nur durch



ABBILDUNG 13: Vergleich 1 km<sup>2</sup> Land in unterschiedlicher Nutzung - QUELLE: Ellenruth Brede



## 2. KAPITEL: ENERGIE

### Die Geschichte der Menschheit, eine Geschichte der Energie

bestand schrumpfte infolge der intensiven Holznutzung in unseren Breiten von 400 bis 1600 nach Beginn unserer Zeitrechnung auf einen Bruchteil seines Bestandes. Menschliche Arbeit wurde meist von Zwangsarbeitern und Sklaven verrichtet. Seit den frühen Agrargesellschaften kann von schwerwiegenden sozialen Auswirkungen aufgrund der Ausbeutung menschlicher Arbeit gesprochen werden.

! Für den Bau eines mittelalterlichen Hauses wurden dutzende Eichen, für die Errichtung von Kathedralen und anderen Prachtbauten mehrere 1.000 Eichen benötigt. Für die Anfertigung eines hochseetauglichen Schiffes waren 3.000 Eichen nötig. Für das Schmelzen einer Tonne Eisen waren 1.000 Tonnen Holz oder 715 Eichen erforderlich. Als Gewicht einer Eiche werden hier etwa 1,4 Tonnen angenommen, der Energiegehalt eines solchen Baumes entspricht etwa 24.000 MJ.

Ein Mensch konnte mit einer Hacke 1 ha Ackerfläche in 200 Arbeitsstunden für die Aussaat vorbereiten. Mithilfe eines Ochsen, der vor einen Holzpflug gespannt wurde, konnte diese Arbeit in 13 Stunden erledigt werden. Heute kann 1 ha Ackerfläche mit modernen Landmaschinen in weniger als einer Stunde bearbeitet werden.

Zur Zeit der Römer konnte ein mit 500 kg beladener Wagen von einem Ochsen an einem Tag 20 km weit gezogen werden. Heute können 500 kg Zuladung von einem Kleinlaster in einer Stunde mehr als 100 km weit transportiert werden.

In Europa gab es um 1800 rund 14 Millionen Pferde und 24 Millionen Rinder, die in der Landwirtschaft eingesetzt wurden. Die Gesamtleistung der Futterfläche für all diese Arbeitstiere betrug 7,5 Milliarden Watt. Diese Leistung entspricht der von mehr als 100.000 Mittelklasse-Pkw.

QUELLE: Zahlenangaben Clive Ponting 2007, Quaschning 2009

| MENSCHLICHE ARBEIT  | TIERISCHE ARBEIT   | MASCHINELLE ARBEIT  |
|---|--|---|
|  |  |  |
| NAHRUNGSMITTEL  | FUTTERMITTEL   | TREIBSTOFFE   |
| 10-15 MJ/Tag  | 160 MJ/Tag   | 7060 MJ/Tag   |
| 1 ha Acker<br>200 Stunden   | 1 ha Acker<br>13 Stunden   | 1 ha Acker<br>< 1 Stunde  |
| 375 MJ/ha   | 260 MJ/ha  | 880 MJ/ha   |

ABBILDUNG 14: Entwicklung der Feldarbeit - QUELLE: BOKU - BILDER: Deutsches Bundesarchiv

### PRÄSENTATION 41: Entwicklung der menschlichen Gesellschaft und ihres Energiebedarfs (37 Folien)

Neu in der Energiebilanz der Agrargesellschaften war der Energiebedarf für den Transport von Nahrungsmitteln, Brennstoffen und Gütern aller Art. Diese Transporte waren vor allem für die militärische Überlegenheit von großer Bedeutung. So wurde zum Beispiel zur Zeit des Römischen Reiches ein Wegenetz errichtet, auf dem diese Transporte effizienter erfolgen konnten. Auch der Handel mit Waren aller Art führte zu einem steigenden Transportaufgebot zu Land und auf dem Wasser.

Von Beginn unserer Zeitrechnung bis 1750 wuchs die Weltbevölkerung auf 790 Millionen Menschen an. Die von Menschen und Tieren geleistete Arbeitskraft stieß langsam an ihre Grenzen. Die

Weiter mit: „3 Die fossilen Energieträger“ K: 3, S: 59

Weiter mit: „1 Die Energiewende“ K: 4, S: 74

### 1.3 Das Industriezeitalter: Der Einsatz fossiler Brennstoffe wächst ins Unermessliche



ABBILDUNG 15: Energiebedarf Industriegesellschaft: 100 bis 200 GJ pro Person und Jahr - QUELLE: Stefan Boyden, Rot = Grundumsatz

1750 wurde die Erde von 790 Millionen Menschen bevölkert; seitdem stieg die Bevölkerung exponentiell an. Die Erfindung der Dampfmaschine kennzeichnet den Übergang vom Agrarzeitalter in das Industriezeitalter. Die erste funktionsfähige Dampfmaschine wurde um 1700 in einem Kohlebergwerk zum Abpumpen von Grundwasser eingesetzt. Durch ihren Einsatz wurde es möglich, noch tiefer zu graben. So konnte durch den Einsatz von Kohle noch mehr Kohle gefördert werden. Die Verwendung der Dampfmaschine bei Eisenbahnen und Dampfschiffen machte die Kohlenutzung auch außerhalb der Fundgebiete möglich. Durch die Vergasung von Kohle wurde Stadtgas (oder auch Landgas) erzeugt, das zur Beleuchtung der großstädtischen Straßen, Fab-

Weiter mit: „3.2.7 Elektrische Energie: Strom“ K: 2, S: 38

Weiter mit: „3.2 Kohle“ K: 3, S: 62

Bereitstellung von Ressourcen sowie die darum geführten Kriege brachten die ersten Technologien zur Umwandlung von Energie hervor. Windmühlen und Wasserräder kamen zum Einsatz und spielten eine wichtige Rolle in der Mechanisierung der Gesellschaft, in der zuvor noch Tiere zum Antrieb von Maschinen genutzt worden waren.

Die Energieträger des Agrarzeitalters hießen Biomasse, Wasserkraft und Windkraft. Infolge der starken Nutzung von Holz kam es immer wieder zu Holzangel. Die zunehmende Nutzung von Kohle läutete schließlich das industrielle Zeitalter ein.

riken und später auch Wohnungen sowie zum Betrieb von Gasherden und Gasdurchlauferhitzern eingesetzt wurde. Die Gasometer in Wien Simmering zeugen noch von dieser Ära. Später wurde das Stadtgas durch Erdgas ersetzt. Der Kohleverbrauch stieg rasant an: von weltweit 10 Millionen Tonnen im Jahr 1800 auf über 76 Millionen Tonnen im Jahr 1850. 1900 wurden dann schon jährlich 760 Millionen Tonnen Kohle verbraucht. Der Brennstoffbedarf wurde zu 90% durch Kohle gedeckt. Maschinen ersetzten zunehmend die Arbeitskraft der Tiere. Die in der Landwirtschaft freigewordene menschliche Arbeitskraft wurde zur Produktion in der Industrie eingesetzt.

Mitte des 19. Jahrhunderts begann die technische Nutzung des elektrischen Stroms, vorerst nur für die Telegrafie. Mit der Erfindung des Generators konnte aus mechanischer Energie Strom erzeugt werden. Von Dampfmaschinen angetrieben ging das erste Zentralkraftwerk der Welt in New York ans Netz. Auch die Wasserkraft wurde für die Stromerzeugung wiederentdeckt. Durch die Beleuchtung mit Glühbirnen und den Einsatz von Elektromotoren konnte die Produktion der Industrie gesteigert und immer mehr automatisiert werden. Der Energiebedarf nahm mit der industriellen Revolution drastisch zu.

Bis zum Jahr 2000 wuchs der Energiebedarf in den meisten Industrieländern auf 100 bis 200 GJ pro Person und Jahr. Das macht das 70- bis 80-Fache des menschlichen Grundumsatzes aus. Der Energiebedarf wurde vorwiegend durch die Nutzung fossiler Brennstoffe gedeckt. Es entstanden die sich gegenseitig bedingenden Wirtschaftssektoren Industrie, Verkehr und Dienstleistung. Die Haushalte wurden mit Elektrizität versorgt und die Industrie konnte Elektrogeräte absetzen: Damit wuchs wiederum der Energiebedarf der Haushalte.



# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Die Geschichte der Menschheit, eine Geschichte der Energie

3, 4

Volkswirtschaft, Ländliche Entwicklung und Geschichte

**!** Vor 1900 wurde mehr als ein Drittel der Ackerfläche zur Bereitstellung von Futtermitteln für Ochsen, Pferde und Esel verwendet. Pro Tier konnte man mit einer Futtermittelfläche von einem Hektar pro Jahr rechnen. Mit dem heutigen Stand der Technik kann auf einem Hektar so viel Energie in Form von Biotreibstoff erzeugt werden, dass das 1- bis 5-Fache der durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung eines Pkw abgedeckt werden kann.

TEXT 3: Die industrielle Revolution, Teil 1 (5 Seiten)  
TEXT 4: Die industrielle Revolution, Teil 2 (6 Seiten)

Die gesteigerten Produktionskapazitäten führten als nächste Welle der Industrialisierung zur Motorisierung. Zunächst galt die Erfindung des Automobils als Spielzeug der Reichen. Ab 1906 wurden erste militärische Konzepte vorgelegt; der erste mit Verbrennungsmotor ausgerüstete Panzer wurde der Öffentlichkeit vorgestellt. Kurz darauf wurden in den USA die ersten Automobile am Fließband hergestellt und damit einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. So wurden sie zum Massenprodukt.

**!** In den USA gab es im Jahr 1900 etwa 8.000 Automobile. 1920 waren es bereits 10 Millionen, im Jahr 1930 über 20 Millionen Exemplare. Heute gibt es über 250 Millionen Kraftfahrzeuge in den USA.

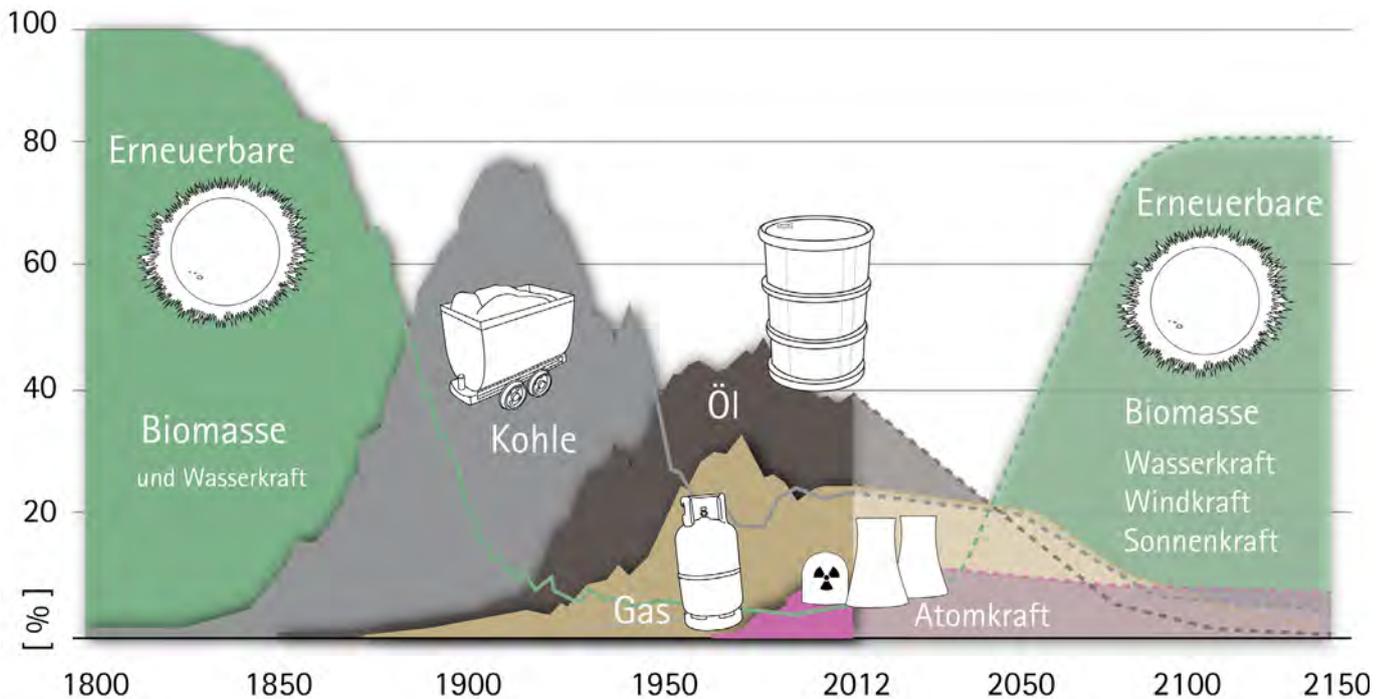


ABBILDUNG 16: Anteile des Primärenergieeinsatzes seit 1800 - QUELLE: 1366 Technologies, European Climate Foundation Project Roadmap 2050

Weiter mit: „1 Die Energiewende“ K: 4, S: 74

Seit der Industrialisierung hat die menschliche Gesellschaft mehrere Energiewenden erlebt. Die Nutzung der Kohle als Energieträger läutete das Industriezeitalter ein und bewirkte die Abwendung von der erneuerbaren Energie als primäre Energiequelle. Der Siegeszug des Automobils wurde zur zweiten Welle der Industrialisierung und führte zu einer Energiewende von der Kohle als primäre Quelle hin zu einem fossilen Energieträgermix.

Mit der Technifizierung der Haushalte stieg die Nachfrage nach Strom, die Wasserkraft erlebte ihre Renaissance, aber auch die zivile Nutzung von Atomkraft gewann immer mehr an Bedeutung.

Massive Umweltschäden und Luftverschmutzung verdrängten die Kohle in weiten Teilen Europas zugunsten einer emissionsärmeren Erdgasnutzung und dem Ausbau der Atomkraft.

Was die Kohle für das frühe Industriezeitalter war, ist für unsere Zeit das Erdöl. Es ist heute einer der wichtigsten Faktoren der Weltwirtschaft. Ein Artikel der Finanzzeitschrift Fortune besagt, dass sieben der zehn umsatzstärksten Unternehmen weltweit in der Energiebranche zu verorten sind. Sieben davon haben ihren Schwerpunkt im Handel mit Öl und Gas. Anfangs wurde Erdöl nur zur Herstellung von Kerosin als Leuchtmittel verwendet.

1860 wurden noch 300.000 Tonnen Rohöl gefördert, 1900 bereits 19 Millionen Tonnen. Mit dem rasanten Aufbau einer Automobilindustrie nach 1920 wurde Erdöl zur Grundlage unserer Industriegesellschaft; in diesem Jahr wurden schon 91 Millionen Tonnen gefördert.

Heute verbraucht jeder Erdenbürger durchschnittlich 2.000 Liter im Jahr. Im Jahr 2012 wurden 4.118 Millionen Tonnen Erdöl gefördert. Erdöl zählt damit zu den wichtigsten Energieträgern.

Darüber hinaus wird es als Rohstoff zur Erzeugung zahlreicher Produkte der chemischen Industrie eingesetzt. Heute steigt das Bewusstsein dafür, dass Erdöl und Erdgas immer knapper werden und die ökologischen sowie sozialen Folgen ihrer Nutzung schwerwiegend sind. Die Katastrophen, die sich durch den Einsatz von Atomenergie ereignet haben, zeigen, dass diese Technologie keine Alternative darstellen kann. Es deutet alles darauf hin, dass wir vor einer weiteren Energiewende stehen - einer Energiewende zurück zu den erneuerbaren Energiequellen.

**PRÄSENTATION 42: Anteile der Primärenergieträger im gesellschaftlichen Wandel (17 Folien)**

Weiter mit: „3 Die fossilen Energieträger“ K: 3, S: 59

| RANG | UNTERNEHMEN              | LAND           | UMSATZ<br>Mrd. US-\$ | GEWINN<br>Mrd. US-\$ | BRANCHE          |
|------|--------------------------|----------------|----------------------|----------------------|------------------|
| 1    | Walmart                  | USA            | 476,294              | 16,000               | Einzelhandel     |
| 2    | Royal Dutch Shell        | Niederlande    | 459,599              | 16,371               | Öl und Gas       |
| 3    | Sinopec                  | China          | 457,201              | 8,932                | Öl und Gas       |
| 4    | China National Petroleum | China          | 432,007              | 16,317               | Öl und Gas       |
| 5    | ExxonMobil               | USA            | 407,666              | 32,580               | Öl und Gas       |
| 6    | BP                       | Großbritannien | 396,217              | 23,451               | Öl und Gas       |
| 7    | State Grid               | China          | 333,387              | 7,982                | Energieversorger |
| 8    | Volkswagen               | Deutschland    | 261,539              | 12,072               | Automobile       |
| 9    | Toyota Motor             | Japan          | 256,454              | 18,198               | Automobile       |
| 10   | Total                    | Frankreich     | 227,882              | 11,204               | Öl und Gas       |

ABBILDUNG 17: Die umsatzstärksten Unternehmen der Welt die im Geschäftsjahr 2013 keine Verluste erzielt haben - QUELLE: Fortune Global 500 aus 2014

Fossile Energieträger lösen die menschliche Arbeit ab. Der Energieinhalt der Tankfüllung eines Kleinwagens, also von 50 Litern Benzin, entspricht der Leistung von 1.000 Menschen, die über einen Zeitraum von acht Stunden arbeiten.



ABBILDUNG 18: 50 Liter Benzin – 1.000 Arbeiter – ein Tag - QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger, Ökosystem Erde, eigene Berechnung

**ARBEITSAUFTRAG 10: Was kann ich mit der Energie in 1 kWh alles tun?**

## 2. KAPITEL: ENERGIE

### Die Geschichte der Menschheit, eine Geschichte der Energie

#### 1.4 Das Informationszeitalter: Eine neue Epoche in der Menschheitsgeschichte



ABBILDUNG 19: Der globale Tagesenergiebedarf von Google entspricht der Arbeit von 130 Millionen Menschen, in etwa die gesamte Bevölkerung von Deutschland, den Niederlanden, Belgien, der Schweiz, Österreich und Slowenien. – QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger Ökosystem Erde, 2013, eigene Berechnung

Heute befinden wir uns im Informationszeitalter. Die erste technische Erfindung, die zu dieser Entwicklung geführt hat, war der elektrische Telegraf, der später zum Telefon weiterentwickelt wurde. Heute ist die ganze Welt durch das Internet vernetzt, Satelliten umkreisen den Orbit und können nahezu überall auf der Erde einen Zugang zum World Wide Web bereitstellen. In den Industriestaaten wurde ein flächendeckendes Datennetz errichtet. In Österreich verfügen etwa 70 % der Haushalte über einen Internetzugang, über 50 % der in Österreich lebenden Menschen nutzen das Internet über Mobiltelefone. Allein der Internetdiensteanbieter Google hat einen Energiebedarf von 22,6 TWh pro Jahr für die Betreuung der notwendigen Server. Pro Tag sind das 61.917.808 kWh, das entspricht der Leistung von 130.000.000 Menschen, die über einen Zeitraum von acht Stunden arbeiten. Das entspricht wiederum etwa einem Drittel des Gesamtenergiebedarfs Österreichs um 1800. An diesem Beispiel wird deutlich, dass es uns gelungen ist, die menschliche Arbeit durch den Einsatz fossiler Energieträger zu ersetzen. Betrachten wir die Kultur und die Gesellschaftsgeschichte der Menschheit, zeigt sich, dass die Entwicklung menschlicher Kultur zu jeder Zeit durch die drei Grundgrößen Material, Energie und Information geprägt ist. Es wird aber ebenso deutlich, dass der Schwerpunkt immer besonders auf einer dieser Grundgrößen liegt.

In den ersten Epochen der menschlichen Kulturentwicklung lag dieser Schwerpunkt auf dem Material. Dies wird auch aufgrund der Benennung der Epochen nach ihren Materialschwerpunkten klar. Die Verwendung von Steinwerkzeugen führte dazu, dass die früheste Epoche der menschlichen Kulturgeschichte Steinzeit genannt wird. Die Entdeckung von metallischen Werkstoffen wie Kupfer und Bronze stellte einen technologischen Sprung dar und markiert die Epoche der Bronzezeit. Die letzte Epoche dieses Materialzeitalters geht mit der Entdeckung der Eisenwerkstoffe einher. Welche Materialien eine Gesellschaft benutzte, bestimmte über ihre Vormachtstellung und ihren kulturellen Einfluss.

Mit dem Beginn des Agrarzeitalters wurde die Energiebereitstellung in Form von Nahrung planbar. Die Menschen begannen sesshaft zu werden, was zu großen Veränderungen in Gesellschaft und Kultur führte. Seitdem war die Bereitstellung von Energie die treibende Kraft der kulturellen Entwicklung. Seine Höhepunkte erlebte dieses Energiezeitalter mit der Entdeckung der fossilen Brennstoffe. Der Zugang zu Energie entscheidet über militärische, wirtschaftliche und politische Vormachtstellung und damit über die kulturelle Entwicklung der menschlichen Gesellschaft. Energieträger ersetzen weitgehend die menschliche Arbeit und mit der Industrialisierung der Landwirtschaft wurde

TEXT 5: Internet-Energiebilanz: Das Web braucht zu viel Strom (2 Seiten)

|                                  | Leistung          | Energieverbrauch/-erzeugung | Liter Benzin pro Stunde |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Mittelschwer arbeitender Mensch: | 0,1 kW            | 0,00036 GJ/h                | 0,01 l/h                |
| Arbeitspferd, etwa 1 PS:         | 0,75 kW           | 0,0027 GJ/h                 | 0,08 l/h                |
| Holländische Windmühle um 1750:  | 12 kW             | 0,0432 GJ/h                 | 1,35 l/h                |
| Ford Model T 1908:               | 15 kW             | 0,054 GJ/h                  | 1,69 l/h                |
| Dampfmaschine um 1800:           | 100 kW            | 0,36 GJ/h                   | 11,25 l/h               |
| Porsche Cayenne 2010:            | 368 kW            | 1,3248 GJ/h                 | 41,4 l/h                |
| Atomkraftwerk:                   | 1.400.000 kW      | 5.040 GJ/h                  | 157.500 l/h             |
| Rechenzentren Google*:           | 2.600.000 kW      | 9,360 GJ/h                  | 292.500 l/h             |
| Weltenergiebedarf 2011*:         | 17.000.000.000 kW | 61.200.000 GJ/h             | 1.912.050.000 l/h       |

QUELLE: Zahlenangaben Marcel Hänggi 2010; Angaben der in einer Stunde bei angegebener Leistung erzeugten bzw. verbrauchten Energie sowie Angaben Liter Benzin pro Stunde eigene Berechnungen, \*Angaben wurden anhand des Energieverbrauches umgerechnet, um einen Vergleich darstellen zu können; bei Google nach dem vom Unternehmen bekanntgegebenen Energiebedarf. Die Angaben bei Liter Benzin pro Stunde beschreiben die pro Stunde verrichtete Arbeit in Benzinäquivalenten.

die Ernährung der wachsenden Erdbevölkerung „nur“ noch ein Problem der Verteilung. Heute leben wir in einer Gesellschaft, deren kulturelle Entwicklung vor allem durch den Zugang zu und den Umgang mit vorhandener Information beeinflusst wird. Eine der bedeutendsten Entwicklungen zu einer Informationsgesellschaft war die Schrift. Mit der Erfindung des Buchdruckes wurde der erste große Meilenstein zu einer globalen Vernetzung gelegt, die mit erst mit der Erfindung des Computers und der Entwicklung des Internets zum absoluten Durchbruch gelangte. Heute

steigt der Vernetzungsgrad ständig an und weitet sich auf alle Bereiche des täglichen Lebens aus. Mit Computern können wir in Bruchteilen von Sekunden tausende Geschäfte tätigen; mehr als 90% der globalen Finanztransaktionen sind nicht mehr an einen realen Warenverkehr gebunden. Die Zeitspannen, in denen sich das menschliche Wissen verdoppelt, werden immer kürzer. Im selben Maß vollziehen sich kulturelle Entwicklungen mit steigendem Tempo. Wer die Kanäle der Information kontrolliert, kann auch die kulturelle Entwicklung beeinflussen.

### 1.5 Die Nutzung von elektrischem Strom

Die gegenwärtige Nutzung des elektrischen Stroms geht auf zahlreiche Erfindungen zurück, die gegen Ende des 19. Jahrhunderts aufgekommen sind. Die rasanten Entwicklungen auf diesem Gebiet sind auf ihre Vermarktungsmöglichkeiten und den Wettbewerb der um Marktanteile kämpfenden Unternehmen zurückzuführen. Die Nutzung aller Formen von Elektrizität hat die Industrielle Revolution beschleunigt und den Grundstein für den Weg in das Informationszeitalter gelegt.

Die Entdeckung, dass sich elektrischer Strom entlang eines Leiters bewegt, führte zu einer Reihe von Erfindungen, welche die Übermittlung von Information in Form von elektrischen Signalen über große Entfernungen möglich machten. Vor allem das Finanzsystem und die internationalen Märkte erfuhren eine enorme Dynamisierung. Informationen über Börsenkurse konnten plötzlich innerhalb weniger Sekunden weitergegeben werden, während zuvor noch Läufer oder Reiterstaffeln zwischen den Finanzzentren für den Informationsfluss gesorgt hatten. Diese Neuerungen beschleunigten das Wirtschaftsgeschehen und damit auch die gesamte menschliche Gesellschaft.

Dank seiner physikalischen Eigenschaften ist elektrischer Strom ein vielseitiger und komfortabler Energieträger. Fließt elektrischer Strom durch ein Material mit niedriger Leitfähigkeit, erwärmt sich dieses, ebenso bei geringerem Leitungsquerschnitt. Von Strom durchflossene Metalldrähte beginnen zu glühen: Diese Entdeckung führte zur Entwicklung der Glühbirne. Der elektrische Strom kann durch diesen Effekt zur Beleuchtung mit Glüh-

birnen eingesetzt werden. Fließender Strom führt in bestimmten Gasen zu einer Glimmentladung; nach diesem Prinzip funktionieren Leuchtröhren. Die Farbe der Glimmentladung ist vom Gas abhängig. Fließender Strom induziert im Leiter ein Magnetfeld. Die Entdeckung dieses Effektes führte zu genialen Erfindungen wie den ersten kommerziell nutzbaren Generator von elektrischem Strom. Mit der Dynamomaschine konnte durch das Drehen einer Kupferspule in einem Magneten mechanische Arbeit in elektrischen Strom umgewandelt werden. Diese Erfindung wurde als Zündquelle für Sprengladungen eingesetzt. Das Prinzip des Dynamos lässt sich aber auch umkehren und so wurden Maschinen entwickelt, die den Einsatz von elektrischem Strom für mechanische Antriebe ermöglichten. Die Erfindung des Elektromotors war genau wie die Dampfmaschine ein Meilenstein der Industrialisierung. Das erste öffentliche Zentralkraftwerk wurde 1882 in New York in Betrieb genommen. Durch sechs Generatoren, die von Dampfmaschinen angetrieben wurden, konnte der Finanzdistrikt von Manhattan mit Gleichstrom versorgt werden. Der elektrische Strom veränderte das Leben in den Städten: In der Industrie sorgten Beleuchtung, Elektromotoren und die jetzt mögliche Automatisierung für eine immer höhere Produktivität. Aufzüge erlaubten den Bau von Hochhäusern. Ab den 1920er-Jahren zogen Tiefkühlgeräte, Kühlschränke und Waschmaschinen in die Haushalte ein. Bis Mitte der 1950er-Jahre war fast jeder amerikanische Haushalt an das Stromnetz angeschlossen, Klimaanlage und Fernseher verbreiteten sich rasch. In Westeuropa setzten sich elektrische Haushaltsgeräte erst nach dem Zweiten Weltkrieg durch.

## 2. KAPITEL: ENERGIE

### Die Geschichte der Menschheit, eine Geschichte der Energie

#### 1.6 Geschichte der österreichischen Elektrizitätswirtschaft



ABBILDUNG 20: Kraftwerk Simmering im Jahr 1912 - BILD: Wien Energie

Um 1880 begann in Österreich die dezentrale Elektrizitätserzeugung in Fabriken und öffentlichen Gebäuden. Scheibbs in Niederösterreich wurde 1886 zur ersten Gemeinde Österreichs, die mit einem öffentlichen Stromversorgungsnetz ausgestattet war. Bis zum Ersten Weltkrieg entstanden in der Folge hunderte kommunale und private E-Werke, die Stromerzeugung erfolgte mit Dampfmaschinen und Wasserkraftwerken. Die Wiener Städtischen Elektrizitätswerke wurden 1899 gegründet, mit dem Kraftwerk Simmering wurde die Stromversorgung der Stadt Wien eingeläutet. Es diente zum Betrieb der elektrischen Straßenbahn und zur Versorgung der Stadt mit Licht und Kraft.

Bis in die 1920er-Jahre kam es zur Gründung von großen Elektrizitätsgesellschaften unter der Beteiligung von Bundesländern, Landeshauptstädten, Banken und privaten Kapitalgebern. Bis zum Anschluss an das Deutsche Reich 1938 fusionierten viele dieser privaten und kommunalen Elektrizitätsversorgungsun-

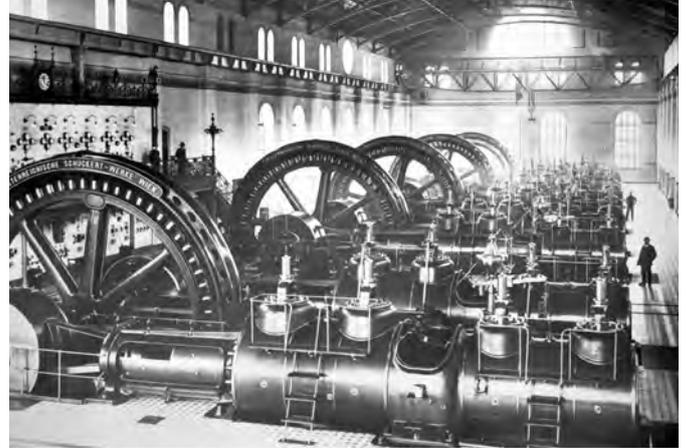


ABBILDUNG 21: Maschinenhalle 1 des Kraftwerks Simmering. - BILD: Wien Energie

ternehmen in Landesgesellschaften. Mit dem Anschluss im Jahr 1938 wurde das deutsche Energiewirtschaftsgesetz auch in Österreich eingeführt, das zum Teil bis 2009 wirksam war. Nach dem Anschluss wurden viele große Wasserkraftwerksprojekte verwirklicht. Zahlreiche österreichische Kraftwerksanlagen wurden jedoch in den Kriegsjahren beschädigt. Durch den Anstieg des Strombedarfs in den Nachkriegsjahren kam es dadurch immer wieder zu Versorgungsengpässen, die auch schwerwiegende Produktionsausfälle mit sich brachten.

Ab 1947 übernahm die neu gegründete Verbundgesellschaft den Ausbau des österreichischen Übertragungsnetzes und die Verwaltung der Staatlichen Kraftwerke. Die österreichische Elektrizitätswirtschaft war dafür verantwortlich, die Verbraucher ausreichend, sicher und wirtschaftlich mit Strom zu versorgen. Die Ölkrise der 1970er-Jahre waren in Europa der Auslöser für den verstärkten Ausbau der Kernenergie. Vor allem in Frankreich und



ABBILDUNG 22: Atomkraftwerk Zwentendorf, das nie in Betrieb genommen wurde. - BILD: Werner Hölzl

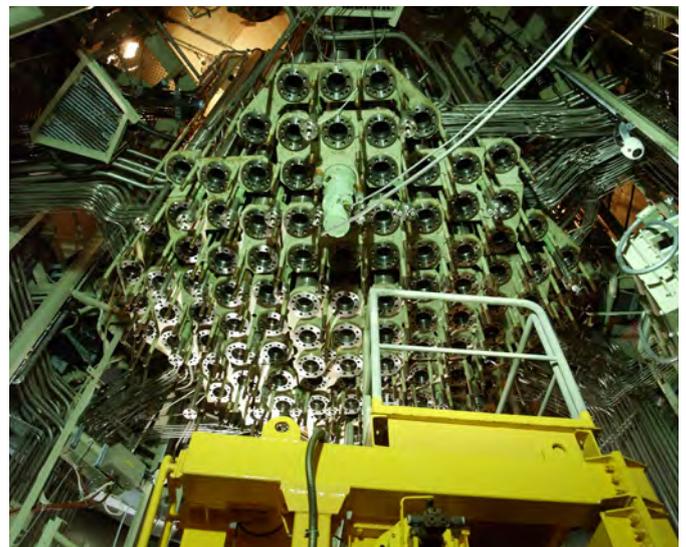


ABBILDUNG 23: AKW Zwentendorf, Steuerstabmechanismen am Reaktordruckbehälter - BILD: Stefan Just

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Herausforderung der Energieversorgung

Großbritannien hatte zu diesem Zeitpunkt die Verbreitung von Atomkraftwerken bereits begonnen.

In Österreich sah das Elektrizitätsförderungsgesetz von 1969 sogar eine Förderung von Investitionen für Atomkraftwerke vor. Das Kernkraftwerk Zwentendorf als erstes heimisches Projekt wurde zwar fertiggestellt, die Bevölkerung entschied sich bei der Volksabstimmung 1978 allerdings gegen die Inbetriebnahme. Als Ersatz wurden schließlich die Kohlekraftwerke Dürnrohr und

Voitsberg III errichtet und auch die Wasserkraft wurde weiter ausgebaut. Ein weiterer wichtiger Meilenstein für die Elektrizitätswirtschaft war die Liberalisierung des Strommarktes. Die Grundlage dazu bildete eine EU-Richtlinie aus dem Jahr 1996, gemäß der die national vorhandenen Monopole fallen sollten und Strom zur freien Handelsware werden sollte. Die endgültige Liberalisierung des gesamten österreichischen Strommarktes erfolgte – früher als in anderen europäischen Ländern – bereits am 1. Oktober 2001.

**EXKURS 6: Ursprüngliche Nutzung und Geschichte der Gasometer**  
Weiter mit: „3.2.7 Elektrische Energie: Strom“ K: 2, S: 38

Österreichs E-Wirtschaft erzeugte im Jahr 2010 rund 250 PJ an Energie. Etwa 21.000 Menschen konnten bei einem geschätzten Umsatz von 6,5 Milliarden Euro beschäftigt werden. Rund zwei Drittel unserer Stromversorgung basieren auf erneuerbaren Energien (Wasser, Wind, Biomasse und Photovoltaik), der Rest auf fossilen Energien und Importen.

## 2 HERAUSFORDERUNG DER ENERGIEVERSORGUNG

### 2.1 Ungleiche Verteilung

Unser Wohlstand und die Entwicklung unserer Gesellschaft basieren auf der Möglichkeit, menschliche Arbeit durch den Einsatz von Energie zu ersetzen. Durch das so in Gang gebrachte Wirtschaftswachstum und den Anstieg der Weltbevölkerung wurde die Energieversorgung zu einer großen Herausforderung. In den vergangenen 300 Jahren ist die Weltbevölkerung von 600 Millionen auf sieben Milliarden angewachsen, das entspricht einer Zunahme auf das 11-Fache. Im gleichen Zeitraum ist der globale Energiebedarf auf das 1500-Fache gestiegen. Der Energiebedarf pro Kopf erhöhte sich um mehr als das 60-Fache. Prognosen der UN gehen davon aus, dass bei mittlerer Projektion im Jahr 2025 über acht Milliarden Menschen auf der Erde leben werden. Im Jahr 2100 würde dann die 10-Milliarden-Grenze überschritten werden – mit entsprechenden Auswirkungen auf den Energieverbrauch.

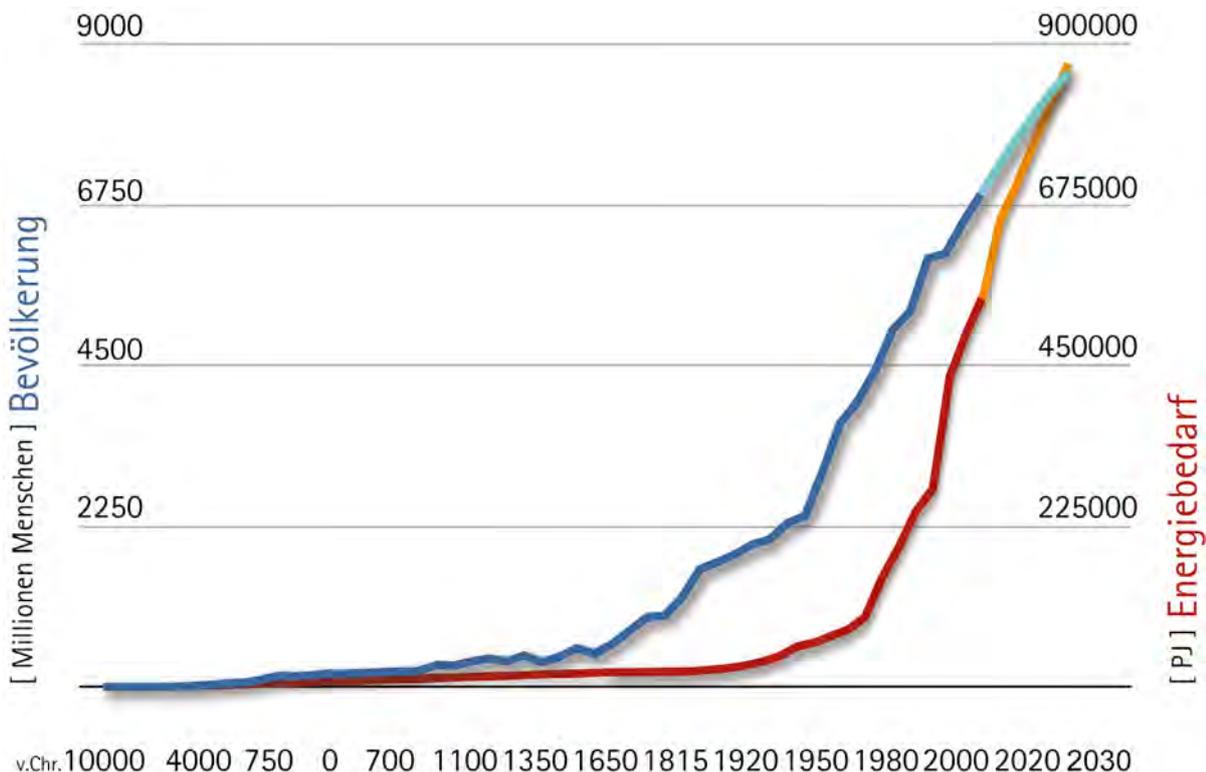


ABBILDUNG 24: Entwicklung von Weltbevölkerung und Energiebedarf - QUELLE: UN, HYDE, BP, IEA

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Herausforderung der Energieversorgung

Wir leben in einer Welt mit ungleicher Verteilung. Die reichen 20% der Weltbevölkerung verbrauchen etwa 80% der Energie. Der Energiebedarf eines durchschnittlichen Amerikaners ist doppelt so hoch wie der eines Österreichers. Dieser wiederum verbraucht im Schnitt doppelt so viel Energie wie ein Chinese und rund zehnmal so viel wie ein Afrikaner. Neben dem Verhältnis von Lohnniveau und Preisen wird von den Vereinten Nationen auch der Zugang zu Energie als Maß für den Wohlstand einer Gesellschaft herangezogen. Etwa 60% der in Afrika lebenden Menschen verfügen über keine Stromquelle. 94% haben keinen Zugang zu modernen Kochbrennstoffen. Da auch Brennholz rar ist, sind viele diese Menschen auf Abfälle als Kochbrennstoff angewiesen.

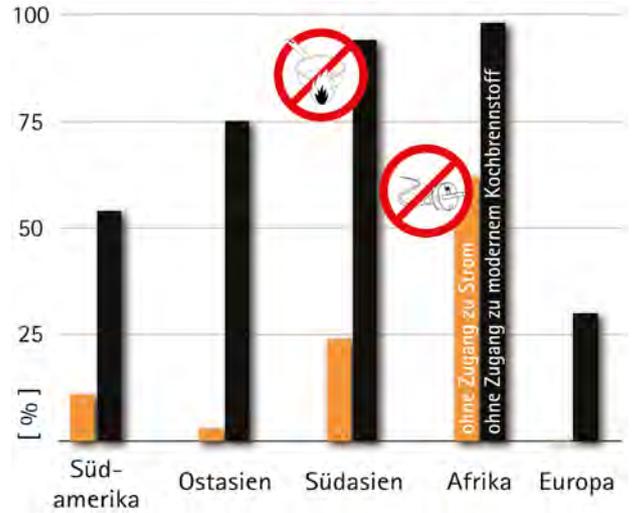


ABBILDUNG 25: Menschen ohne Zugang zu Strom und Kochbrennstoff  
 QUELLE: UN

.ppt

PRÄSENTATION 43: The World of 100 (20 Folien)  
 TEXT 2: Die Welt: Ein Dorf (1 Seite)

### 2.1.1 Globale Verteilung des Energiebedarfs pro Kopf

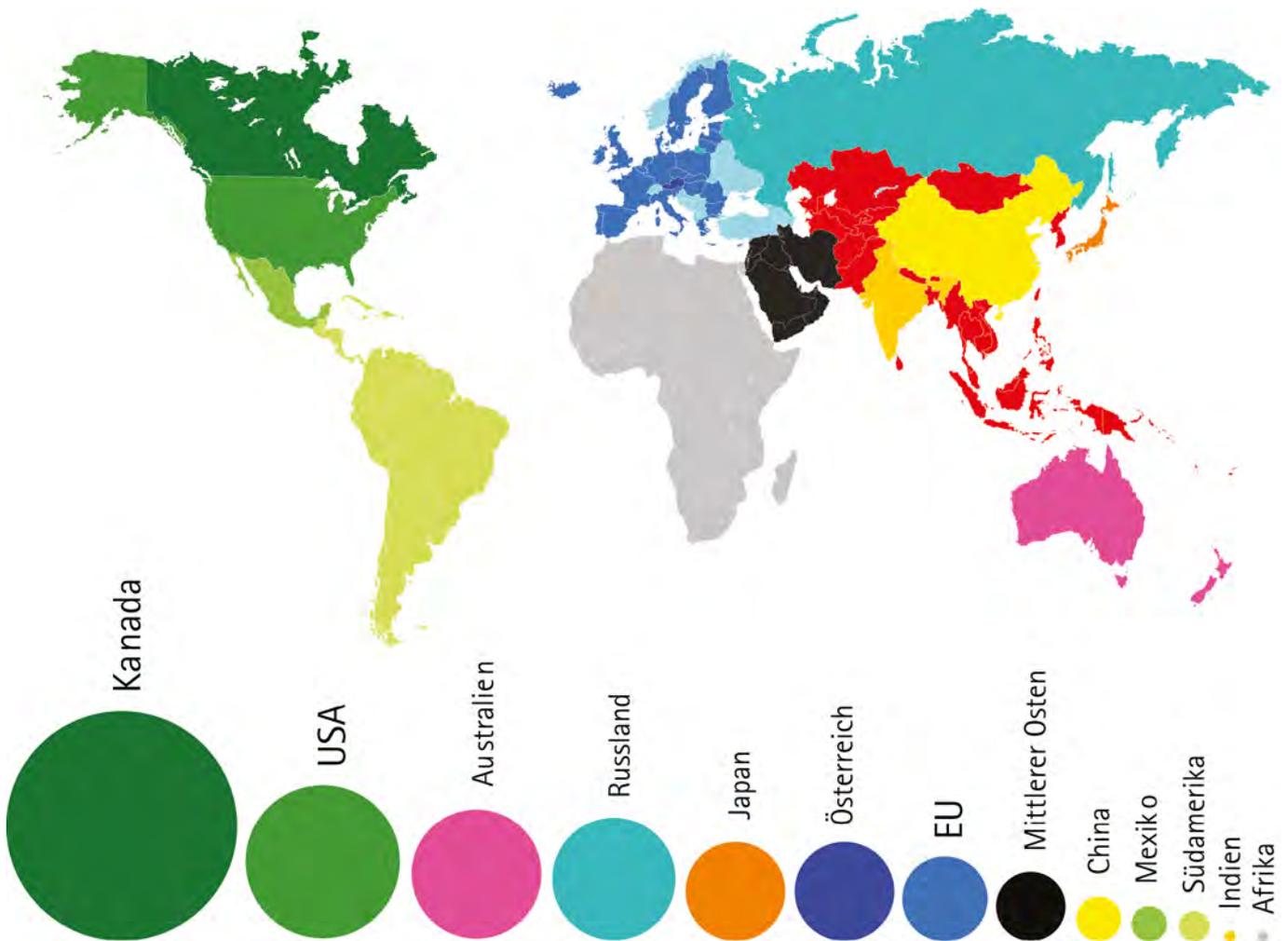


ABBILDUNG 26: Globale Verteilung des Energiebedarfs pro Kopf, Kreisfläche entspricht Energieverbrauch - QUELLE: BP, Stiftung Weltbevölkerung, Worldmapper

### 2.1.2 Verteilung der Weltbevölkerung

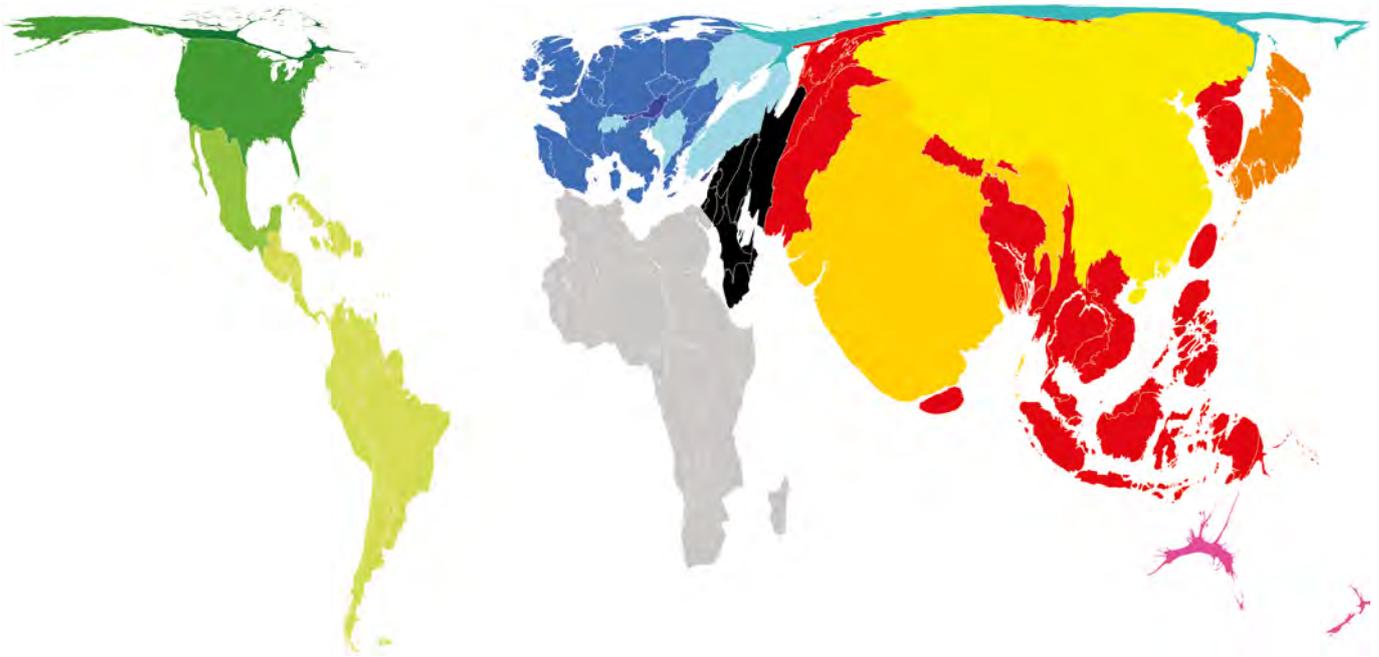


ABBILDUNG 27: Verteilung der Weltbevölkerung - QUELLE: Worldmapper siehe ABBILDUNG 28

### 2.1.3 Globaler Primärenergieverbrauch



ABBILDUNG 28: Anteile von Regionen am globalen Primärenergieverbrauch

QUELLE: Worldmapper Die Größe der Darstellung in den ABBILDUNG 27 und 28 ist nicht abhängig von geographischen Maßstäben, sondern von den untersuchten Attributen. Die verglichenen Regionen werden proportional zu ihrem globalen Anteil dargestellt, die Abbildungsgröße wächst oder schrumpft im Verhältnis zu den verglichenen Daten. Diese Grafiken verdeutlichen die Extreme der Bevölkerungsdichte und des Energiebedarfes im globalen Vergleich.

PRÄSENTATION 44: Herausforderung der globalen Energieversorgung (23 Folien)

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Herausforderung der Energieversorgung

### 2.2 Importabhängigkeit

! Wir haben die menschliche Arbeit durch fossile Energie ersetzt. Ohne Energie wären wir in wenigen Monaten wieder dort, wo wir vor der Industriellen Revolution begonnen haben.

Wie wichtig Energie für unsere Gesellschaft ist, wird erst klar, wenn man sich vor Augen hält, dass jedes Produkt und jede Dienstleistung, die wir konsumieren, ohne den Einsatz von Energie nicht zu Verfügung stünde. In Österreich werden 67% des Energiebedarfs, meist in Form von Erdöl und Erdgas, importiert. Auch Strom und Biomasse werden, wenn auch in sehr geringem Maße, aus anderen Ländern eingeführt. Unser Energiesystem basiert also auf fossilen Energieträgern. Das bringt eine Vielzahl von negativen Auswirkungen mit sich, wie die damit verbundenen Umweltbelastungen oder die Endlichkeit und das geographisch begrenzte Vorkommen der Ressourcen, die auch die Abhängigkeit ganzer Wirtschaftszweige verschärfen. Auch der Kaufkraftabfluss der in Abhängigkeit geratenen Volkswirtschaften wirkt sich auf diese belastend aus.

Die Haushalte haben durch die Mehrausgaben für Energie ein knapperes Budget zur Verfügung, was ihre Kaufkraft mindert. Das Kapital, das für fossile Energie ausgegeben wird, fließt in die Kassen internationaler Unternehmen und verlässt die heimische Volkswirtschaft. Und noch einmal entsteht der Gesellschaft ein Schaden, nämlich in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, die zugekauft werden müssen, weil die Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen nicht eingehalten wurden. Durch Versorgungsengpässe drohen der heimischen Wirtschaft Destabilisierung und Einbrüche.

Nur etwa 7% des österreichischen Bruttoinlandsverbrauchs an Erdöl stammten im Jahr 2013 aus inländischer Erzeugung, beim Erdgas kamen 16% des Bruttoinlandsverbrauchs aus inländischer Produktion, der Rest musste für viele Milliarden Euro importiert werden. Seit der Schließung des letzten Kohlebergwerks muss die gesamte Kohle nach Österreich importiert werden. Heute strebt die Energiepolitik der Europäischen Union energetische Unabhängigkeit sowie die Umsetzung einer klimaneutralen Energieversorgung an. Um diese Ziele zu erreichen, bleibt nach der Steigerung der Energieeffizienz nur der Weg über die verstärkte Förderung erneuerbarer Energien in Form von Biomasse, Wasser, Wind- und Sonnenkraft. Auch wenn die Atomlobby versucht, ihren Einfluss auf die EU zu vergrößern, ist klar, dass der Einsatz von Atomenergie zu große Risiken birgt, um als Alternative zu gelten.

Auch die finanziellen Möglichkeiten der einzelnen Menschen führen zur Abhängigkeiten. Menschen, die nicht über das nötige Kapital verfügen, um ihre Ölheizung etwa gegen eine Biomasseheizung zu tauschen, ein sparsameres Auto zu kaufen oder ihr Gebäude zu sanieren, sind von der Energiewirtschaft abhängig und somit den steigenden Preisen ausgesetzt. Sie sind dazu gezwungen, deutlich mehr von ihrem Einkommen für Energie auszugeben. Dies schränkt ihre wirtschaftliche Handlungsfähigkeit immer weiter ein.

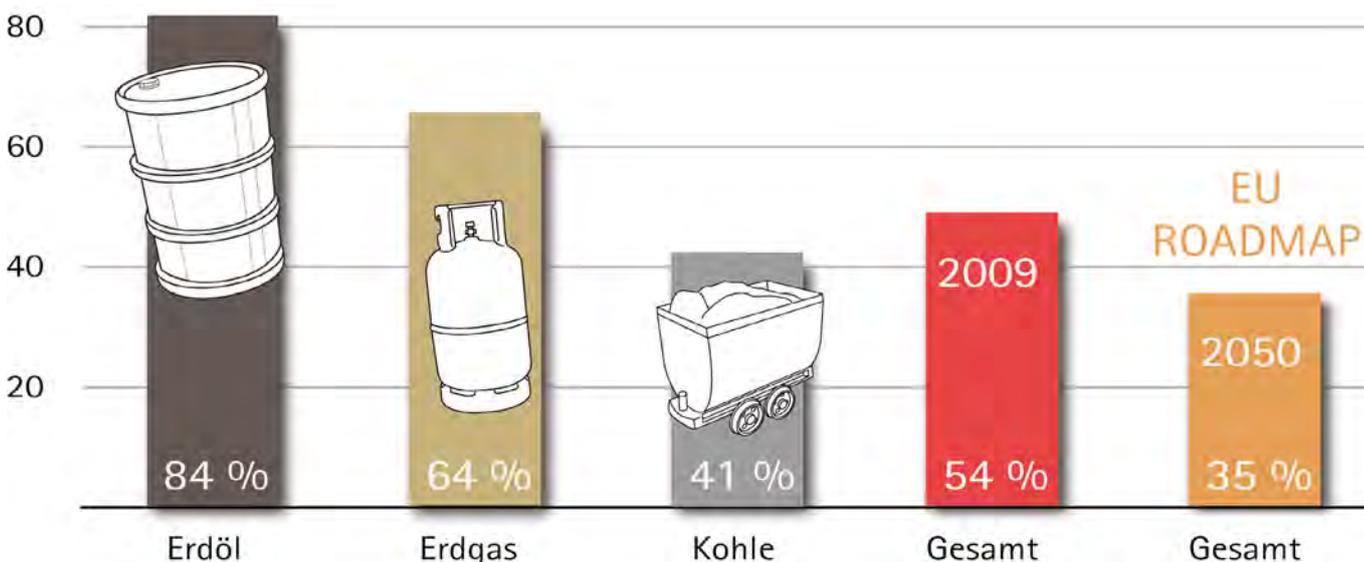


ABBILDUNG 29: EU-Roadmap, Energieabhängigkeitsquote 2009 EU25 - QUELLE: EUROSTAT, EU-Kommission Roadmap 2050

Weiter mit: „1 Die Energiewende, eine Aufgabe für Politik und Zivilgesellschaft“ K: 5, S: 156

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Herausforderung der Energieversorgung

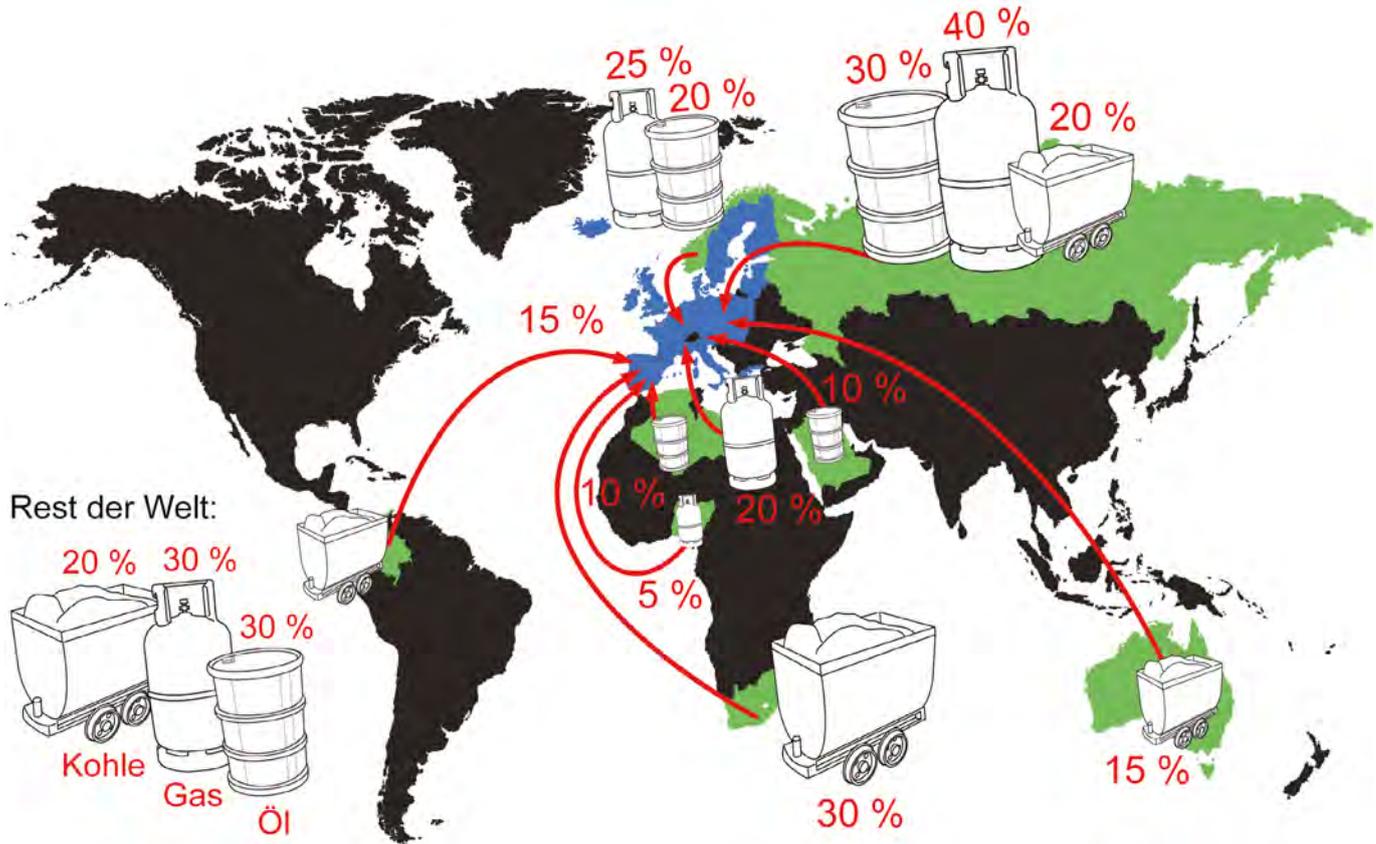


ABBILDUNG 30: Herkunft fossiler Energieimporte EU25 - QUELLE: EUROSTAT

Zwischen 2005 und 2011 haben sich die Rohölimporte der EU von 232 Milliarden Dollar auf 427 Milliarden Dollar erhöht. Alleine die Kostensteigerung innerhalb dieser sechs Jahre ist mit der Höhe des gesamten EU-Budgets vergleichbar. Dabei hat die importierte Rohölmenge in diesem Zeitraum sogar abgenommen.

### PRÄSENTATION 45: Importabhängigkeit (17 Folien)

Etwa zwei Drittel des österreichischen Energiebedarfs werden überwiegend in Form von Öl, Gas und Kohle importiert. Daraus ergibt sich für 2012 ein Nettoimportvolumen von 12,8 Mrd. Euro. Im Jahr 2003 lag dieser Wert noch bei 4,4 Mrd. Euro. Der Großteil des Defizits 2012 entfiel mit 8,8 Mrd. Euro auf Erdöl und Erdölzeugnisse – dies entspricht einer Verdreifachung des Fehlbetrages gegenüber 2003. Die importierten Erdölmengen sind in dieser Zeit sogar um 15% gesunken! In den vergangenen zehn Jahren hat sich die wirtschaftliche Situation Österreichs insofern „gedreht“, als nun die Energienettoimporte höher als der Saldo der Handelsbilanz liegen – das heißt, ohne die gestiegenen Ausgaben für Nettoenergieimporte hätte Österreich eine positive Handelsbilanz (z. B. 2012 über 4 Mrd. Euro). Österreich importiert Erdölprodukte zum Großteil aus politisch instabilen Ländern wie Kasachstan, Nigeria, Libyen oder dem Irak – die kurzfristige Versorgungssicherheit muss hier infrage gestellt werden.

Weiter mit: „1 Die Energiewende“ K: 4, S: 74

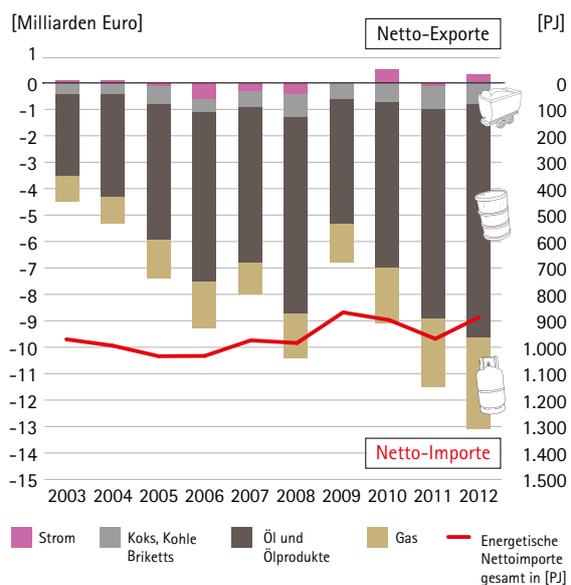


ABBILDUNG 31: Österreich, Energieaußenhandelsbilanz - QUELLE: Statistik-Austria

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Herausforderung der Energieversorgung

Volkswirtschaft und Geographie

### 2.3 Der menschliche Energiebedarf und seine Bereitstellung

Die Menschheit nutzt Energie vor allem in Form von Wärme, Mobilität und Strom. In Österreich wird mit 52% der größte Energieanteil als Wärme genutzt. 35% werden in Form von Treibstoffen für den Verkehr verwendet und nur 13% als Strom. Der Anteil fossiler Energieträger ist je nach Sektor unterschiedlich groß. 64% der Wärme werden durch fossile Energieträger bereitgestellt, im Bereich Verkehr sind es sogar 94%. Die Versorgung mit Strom erfolgte im Jahr 2012 zu 27% durch fossile Energieträger. Insgesamt werden etwa 67% des Endenergiebedarfes durch fossile Energieträger gedeckt.

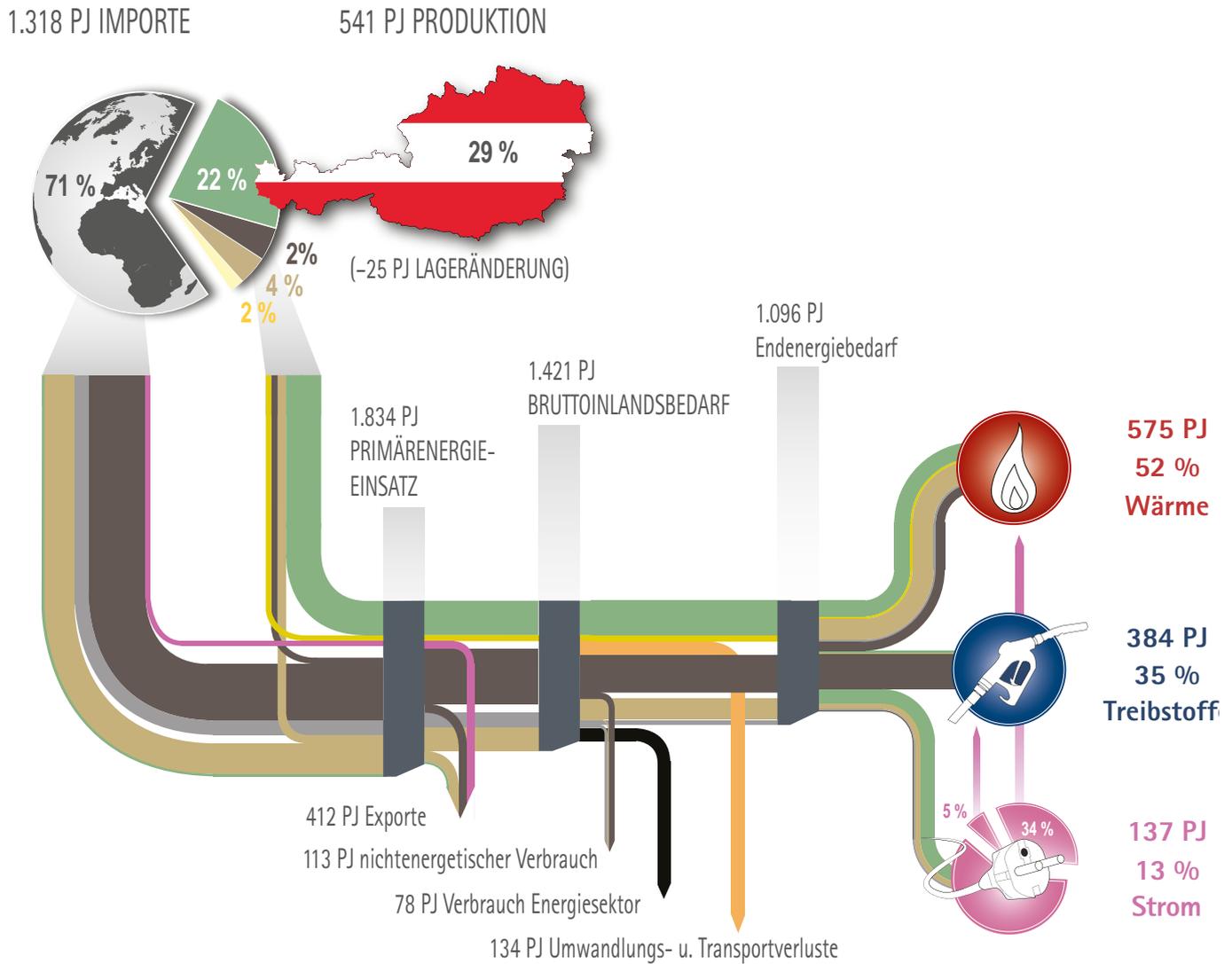


ABBILDUNG 32: Energiefluss Österreich im Jahr 2012 - QUELLE: Österreichische Energieagentur

! Die Magnetcharts können einen guten Einstieg in die vielschichtige Thematik Energie bieten. Um den Blick auf die komplexe und globalisierte Realität nicht zu verzerren, empfiehlt es sich, die gesamte Magnetchartserie durchzunehmen.

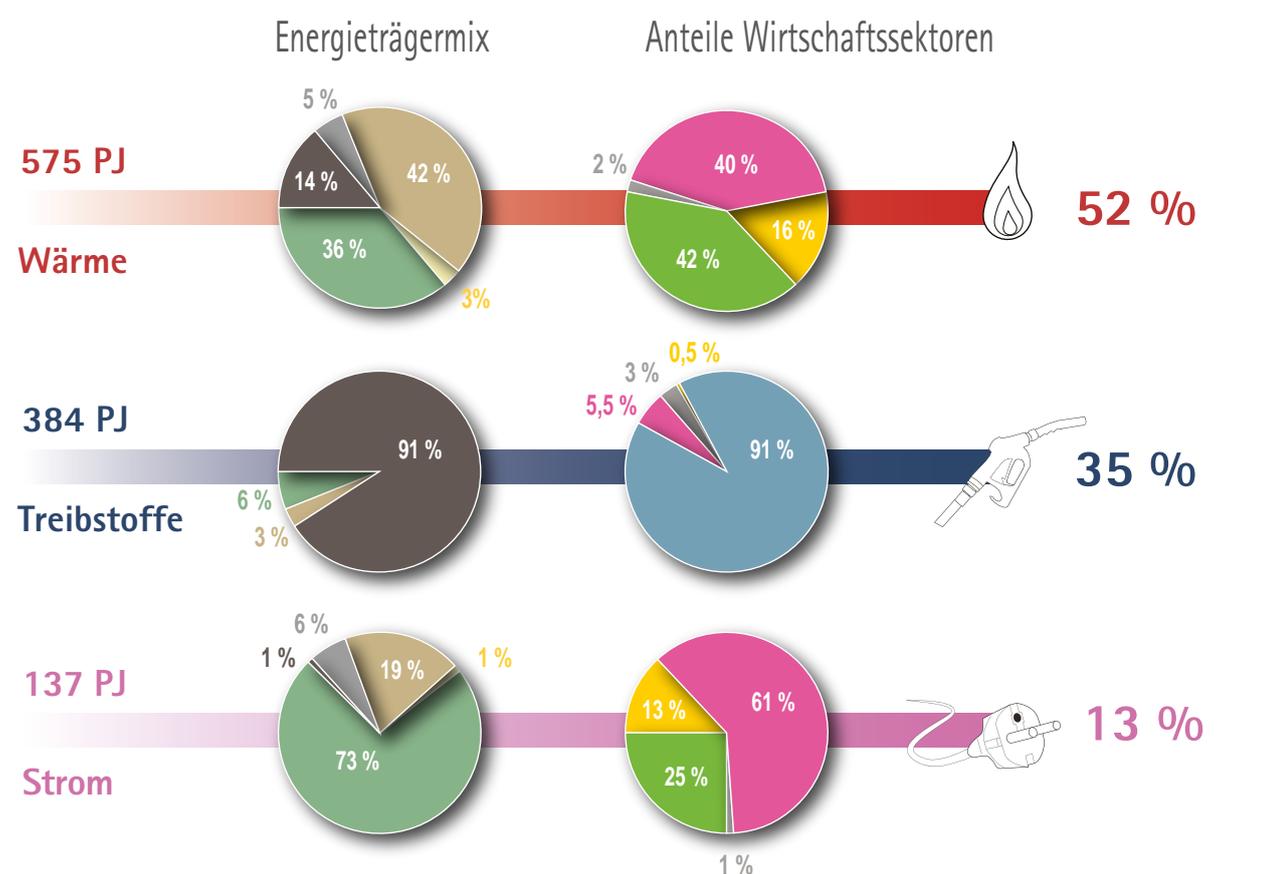
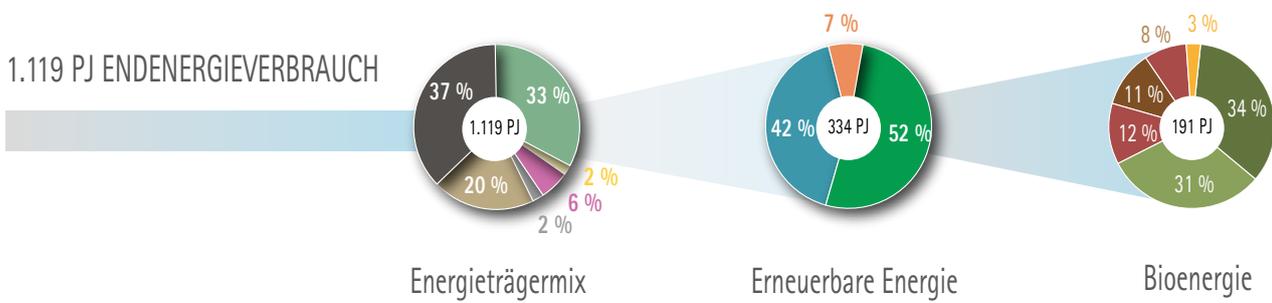
.ppt

46 PRÄSENTATION 46: Energiebilanz Österreich (17 Folien)

5 EXKURS 5: Exkurs zum Energiebedarf von Österreichs Wirtschaftssektoren

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Herausforderung der Energieversorgung



- Energieträger**
- Erdöl
  - Erdgas
  - Abfall nicht erneuerbar
  - Kohle
  - Strom
  - Erneuerbare Energien
  - Bioenergie
  - Wasserkraft
  - Sonstige Erneuerbare (Wind, Solarthermie, Photovoltaik, Geothermie u. Wärmepumpen)

- Bioenergie**
- Brennholz
  - Hackschnitzel, Restholz, Rinde
  - Ablauge
  - Biodiesel
  - Pellets, Holzbriketts
  - Sonstige Biogene

- Wirtschaftssektoren**
- Private Haushalte
  - Dienstleistungen
  - Sachgüterproduktion
  - Landwirtschaft
  - Transport

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Herausforderung der Energieversorgung

**!** In großen Gruppen empfiehlt es sich, eine anonyme Umfrage durchzuführen, bevor die Magnetcharts zum Thema Energiebedarf bearbeitet werden. Eine gemeinsame Auswertung der Umfrage am Ende der Einheit festigt die gelernten Inhalte und bringt sie in den persönlichen Kontext der Gruppe. Die genaue Aufschlüsselung unseres Energiebedarfes kann mithilfe der interaktiven Magnetcharts dargestellt werden. In der ersten Phase wird der Energiebedarf des Landes Österreich nach relevanten Sektoren beschrieben. In der zweiten Phase wird der Energiebedarf der Haushalte analysiert. Die dritte Phase zeigt auf, welche Energieträger den Energiebedarf decken, Phase 4 analysiert den erneuerbaren Energieträgermix in Österreich.

### 2.3.1 Der Energiebedarf Österreichs nach Sektoren und Energieträgermix

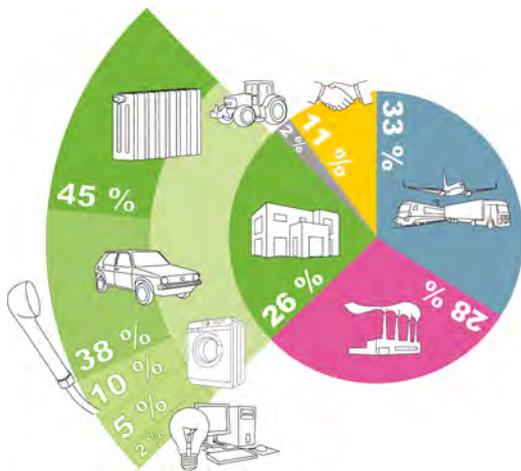


ABBILDUNG 33: Energiebedarf Österreichs nach Wirtschaftssektoren 2011, Fokus auf Haushalten - QUELLE: Umweltbundesamt



ABBILDUNG 34: Anteile der Energieträger am Bruttoinlandsbedarf 2011 Fokus auf Erneuerbaren - QUELLE: Umweltbundesamt

### PRÄSENTATION 47: Energiebedarf Österreichs (42 Folien)

#### MAGNETCHART 1: Der Energiebedarf Österreichs nach Sektoren und die Anteile der Energieträger

### 2.3.2 Einsatz erneuerbarer Energie nach Sektoren und EU-Ranking

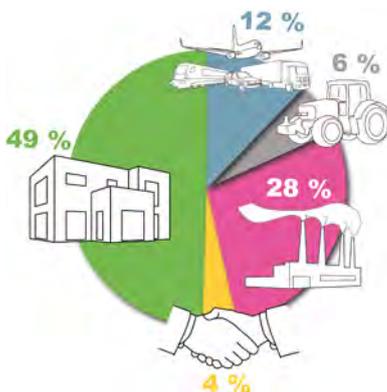


ABBILDUNG 35: Einsatz erneuerbarer Energie QUELLE: bmwfj



ABBILDUNG 36: EU-Ranking Ausbau erneuerbarer Energien im Verhältnis zur Fläche - QUELLE: bmwfj

Obwohl Österreich lediglich 1,4% der Energieproduktion der EU liefert, beträgt der Prozentsatz an der gesamten erzeugten erneuerbaren Energie 5,2%. Österreich ist der achtgrößte Produzent erneuerbarer Energie in der EU und absoluter Spitzenreiter bezogen auf die Größe des Landes. Der Energiebedarf aller Sektoren steigt kontinuierlich an. Der wachsende Wohlstand und das damit verknüpfte Wachstum der Wirtschaftsleistung sind

die treibenden Kräfte für den steigenden Energiebedarf und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen. Weltweit gesehen spielt auch das Wachstum der Bevölkerung und der dadurch steigende Verbrauch eine entscheidende Rolle. Die privaten Haushalte sind mit 49% der Sektor mit dem größten Einsatz von erneuerbarer Energie. Es folgen Industrie mit 28%, Verkehr 12%, Dienstleistungssektor 4% und Landwirtschaft 6%.

### 2.3.3 Der globale Energiebedarf nach Sektoren und Energieträgermix

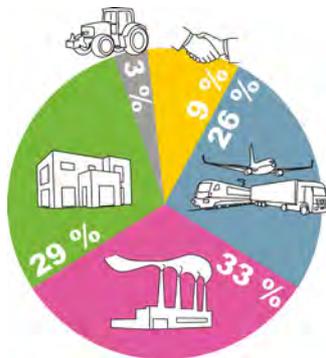


ABBILDUNG 37: Globaler Energiebedarf nach Sektoren 2011  
QUELLE: IEA

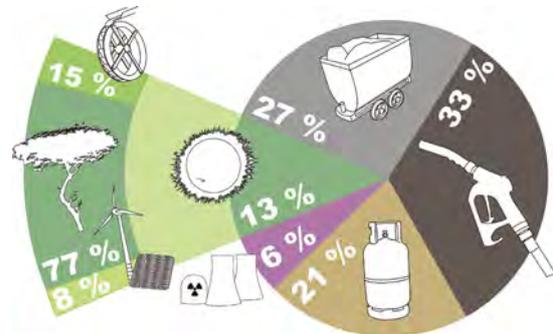


ABBILDUNG 38: Anteile der Energieträger am globalen Energiebedarf 2011 -  
QUELLE: IEA

### PRÄSENTATION 48: Energiebedarf global (17 Folien)

### 2.3.4 Ein internationaler Vergleich

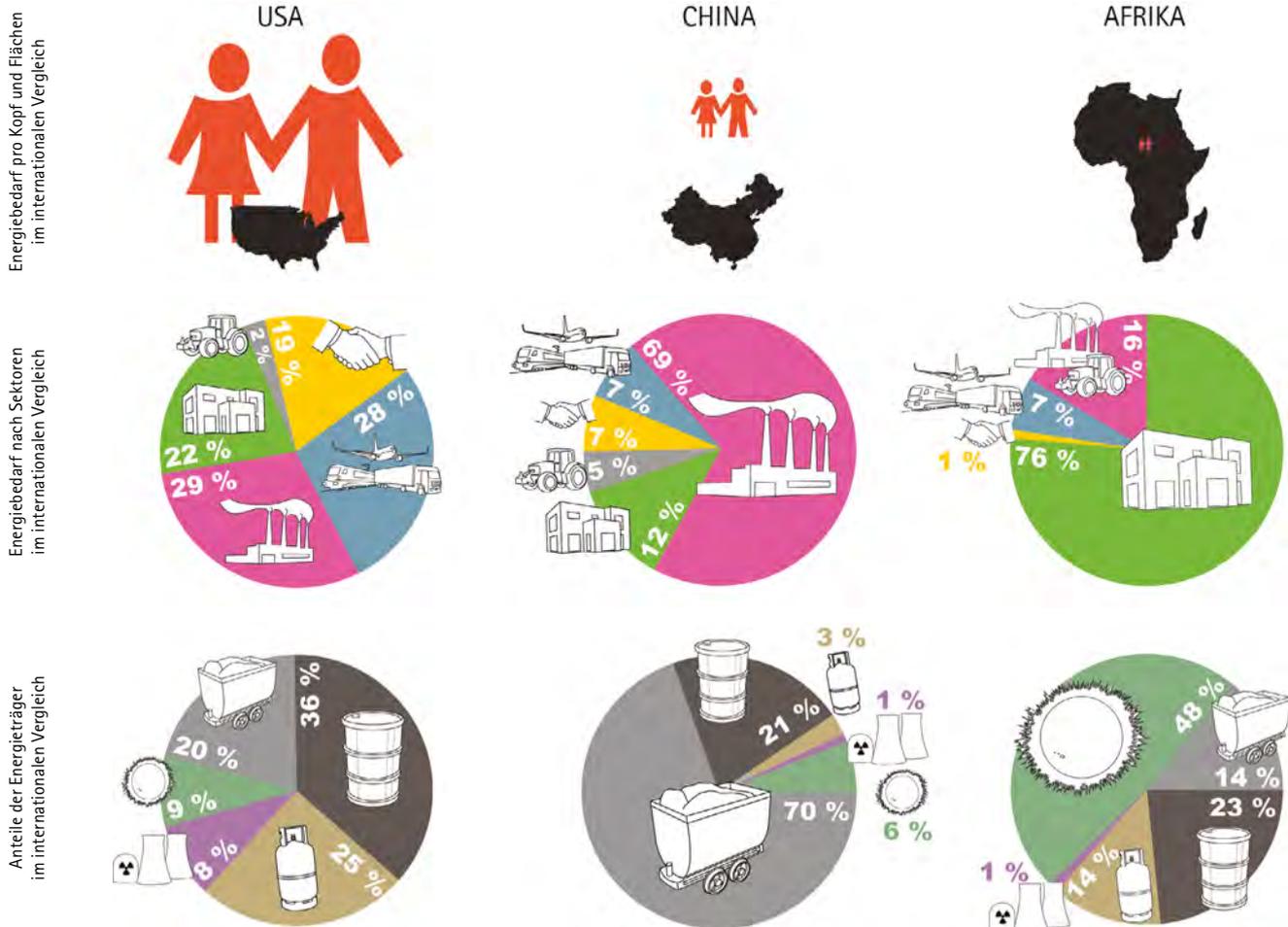


ABBILDUNG 39: Energiebedarf pro Kopf, Energiebedarf nach Sektoren und Anteile der Energieträger im internationalen Vergleich 2010  
QUELLE: IEA, EIA, China Energy Databook, CEIC, BP

### PRÄSENTATION 49: Energiebedarf im internationalen Vergleich (10 Folien) Weiter mit: „1 Einsatz Fossiler Energieträger“ K: 3, S: 48

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Energie in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen

Physik

### 3 ENERGIE IN NATURWISSENSCHAFTLICHEN ZUSAMMENHÄNGEN



„Die Energie kann als Ursache für alle Veränderungen in der Welt angesehen werden. [...] Alle Elementarteilchen sind aus derselben Substanz, aus demselben Stoff gemacht, den wir nun Energie oder universelle Materie nennen können; sie sind nur verschiedene Formen, in denen Materie erscheint. [...] Die Energie ist tatsächlich der Stoff, aus dem alle Elementarteilchen, alle Atome und daher überhaupt alle Dinge gemacht sind, und gleichzeitig ist die Energie auch das Bewegende.“

” Werner Karl Heisenberg, Physiker (1901-1976) “

ABBILDUNG 40: Werner Karl Heisenberg - BILD: Bundesarchiv, Creative Commons

#### 3.1 Einheiten und Definitionen

Die Energie ist eine fundamentale physikalische Größe, die Mithilfe naturwissenschaftlicher Definitionen beschrieben werden kann. Den Begriff Energie zu verstehen und ihn mit naturwissenschaftlichen Definitionen erklären zu können, ist ein ausdrückliches Ziel dieser Einheit und wird in diesem Kapitel bewusst nicht als Einstieg gewählt.

In der Physik ist Energie die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten. SI-Einheit (internationales Einheitensystem) der Energie ist das Joule [J], das nach dem Physiker James Prescott Joule benannt ist. Ein Joule ist die Energiemenge, die ein Watt in einer Sekunde leistet. Eine Wattsekunde entspricht einem Joule. Ein Joule ist auch mit der Arbeit gleichzusetzen, die verrichtet wird, wenn ein Körper mit der Gewichtskraft von einem Newton um einen Meter hochgehoben wird. Weil eine Stunde 3600 Sekunden hat, entspricht eine Wattstunde 3600 Joule.

Je nach Größe des Wertes wird der Einfachheit halber ein Einheitenpräfix verwendet. Um die Energie der menschlichen Arbeit beschreiben zu können, reicht das Einheitenpräfix Kilo für eine Tausenderpotenz aus. Der Weltenergiebedarf ist mittlerweile auf einen so hohen Wert gestiegen, dass er mit dem Präfix für sechs Tausenderpotenzen, also in Trillionen angegeben wird.

Leistung pro Zeit = Arbeit (Kraft mal Weg) = Energie

1 [Ws] = 1 [Nm] = 1 [J]  
1 [Wh] = 3.600 [Nm] = 3.600 [J]  
1 [kWh] = 3.600.000 [Nm] = 3.600.000 [J]

Kilo [k] = 1.000  
Mega [M] = 1.000.000  
Giga [G] = 1.000.000.000  
Tera [T] = 1.000.000.000.000  
Peta [P] = 1.000.000.000.000.000  
Exa [E] = 1.000.000.000.000.000.000

#### 3.1.1 Verschiedene Einheiten von Energie

Die Einheit Kalorie [cal] bezieht sich auf die Wärmemenge, die benötigt wird, um 1 Gramm Wasser unter dem konstanten Druck, der auf Meeresniveau herrscht, um 1 Kelvin [K] zu erwärmen.

Energie wird von der Erdölindustrie auch oft in Öleinheiten [ÖE] oder [RÖE] oder englisch [oe] angegeben. Die Basis für diese Einheit ist der Energiegehalt einer Tonne Rohöl. Meist werden große Werte mit dem Äquivalent Millionen Tonnen Erdöl [MtÖE] (oder international [Mtoe]) beschrieben.

In diesem Zusammenhang wird auch oft die Einheit Barrel für eine Öleinheit [boe] verwendet, da mit dieser Einheit Erdöl- und Erdgasmengen gemeinsam beschrieben werden können. Ein Barrel (159 l) als Öleinheit entspricht dem Energiegehalt von 6000 Kubikfuß (170 m³) Erdgas. In der Kohleindustrie wird die Energie auch in Kohleäquivalenten angegeben. Diese Steinkohleeinheit [SKE] basiert auf dem Energiegehalt, der bei der Verbrennung

von einem Kilogramm Steinkohle mit einem Heizwert von 7.000 kcal/kg frei wird. Üblicherweise werden auch hier die Werte in Tonnen [tSKE] oder Millionen Tonnen [MtSKE] Steinkohleeinheit genannt. Die Einheit British thermal unit [Btu] ist auch vereinzelt in der Literatur anzutreffen, obwohl sie keine SI-Einheit ist. Sie ist als Wärmeenergie definiert, die benötigt wird, um ein britisches Pfund Wasser um ein 1 Grad Fahrenheit (17 °C) zu erwärmen.

In der Forstwirtschaft wird Energie in Holzäquivalenten wie Festmeter [fm Holz], Raummeter [rm Holz], Schüttraummeter [Srm Holz] und Energiewald [ha Energiewald] angegeben. Die Einheit Energiewald bezieht sich auf den Energiegehalt der Erntemenge, die in einem Jahr aus einem Hektar Wald erwirtschaftet werden kann. In der Tabelle wird bei Energiewald von einem Pappel- und Weide-Kurzumtriebswald ausgegangen, der in einem vierjährigen Ernterhythmus bewirtschaftet wird.

| Einheit              |        | kJ    | kcal   | Btu      | kWh      |
|----------------------|--------|-------|--------|----------|----------|
| Kilojoule            | 1 kJ   | 1     | 0,2388 | 0,000947 | 0.000277 |
| Kilokalorie          | 1 kcal | 4,186 | 1      | 3,965    | 0.00116  |
| British thermal unit | 1 Btu  | 1,055 | 0,252  | 1        | 0.000293 |
| Kilowattstunde       | 1 kWh  | 3.600 | 859,8  | 3409,5   | 1        |

|  |          |         |         |         |          |          |        |         |
|--|----------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|---------|
| Kilowattstunde   | 1 kWh    | 2,12E-5 | 5,04E-4 | 0,00122 | 8,598E-5 | 0.000614 | 0,0036 | 1       |
| Gigajoule  | 1 GJ     | 0,00589 | 0,140   | 0,341   | 0,0238   | 0,170    | 1      | 277,77  |
| Barrel (159 Liter) Öl  | 1 boe    | 0,0346  | 0,823   | 2       | 0,14     | 1        | 5,861  | 1.628,2 |
| Tonne Öl   | 1 toe    | 0,247   | 5,882   | 14,285  | 1        | 7,142    | 41,868 | 11.630  |
| Tonne Steinkohleeinheit  | 1 t SKE  | 0,0172  | 0,410   | 1       | 0,7      | 5        | 29,3   | 8.151   |
| Festmeter Holz   | 1 fm H   | 0,0420  | 1       | 2,436   | 0,17     | 1,218    | 7,14   | 1.983   |
| Hektar Energiewald   | 1 ha E * | 1       | 23,769  | 57,834  | 4,048    | 28,917   | 169,5  | 47.083  |
| * Kurzumtriebswald (Pappel, Weide), 4-jähriger Ernterythmus<br>Erntemenge: 9 Atrö-Tonnen/ha/Jahr |          | ha E *  | fm H    | t SKE   | toe      | boe      | GJ     | kWh     |

ABBILDUNG 41: Einheitentabelle - QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

### 3.2 Formen von Energie

#### 3.2.1 Chemische Energie: Bindungsenergie

Energie, die in einem Energieträger chemisch gespeichert ist, ist in Form einer chemischen Bindung von Atomen und Molekülen vorhanden. Holz oder Öl verfügen über chemisch gespeicherte Energie, die bei Verbrennung in Form von Wärmeenergie freigesetzt wird.

Weiter mit: „2 Biogene Energieträger“ K: 4, S: 86 oder

Weiter mit: „3 Die fossilen Energieträger“ K: 3, S: 59

#### 3.2.2 Kinetische Energie: Mechanische Energie

Ein Körper, der sich in Bewegung befindet, verfügt über kinetische Energie. Für die Höhe der kinetischen Energie (Bewegungsenergie) ist wieder das Verhältnis des Systems zu seiner Außenwelt entscheidend. Durch die Schwerkraft erfährt das Wasser eines Stausees, das durch die Druckrohrleitungen zum Turbinenhaus fließt, eine Beschleunigung. Ein Teil seiner potenziellen Energie wird in kinetische Energie umgewandelt. Die lineare Bewegungsenergie des Wassers treibt die Turbine an. Die Rotationsenergie der Turbine, auch eine Form kinetischer Energie, wird durch einen Generator in elektrische Energie umgewandelt. Dies geschieht auch bei der Nutzung von Windkraft.

Weiter mit: „4 Windkraft“ K: 4, S: 127

#### 3.2.3 Potenzielle Energie: Lageenergie

Die potenzielle Energie eines Systems gibt Auskunft über seine Lage. Liegt das Verhältnis dieser Lage zu seiner Umwelt höher, dann ist auch die potenzielle Energie des Systems hoch. Ein Beispiel ist das Wasser in einem Stausee. Der See liegt auf 1800 Meter Seehöhe, das Turbinenhaus auf 500 Meter Seehöhe. Die Differenz von 1300 Metern, die das Wasser im Stausee gegenüber dem Turbinenhaus hat, macht die potenzielle Energie dieses Systems aus.

Weiter mit: „3 Wasserkraft“ K: 4, S: 122



## 2. KAPITEL: ENERGIE

### Energie in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen

#### 3.2.4 Thermische Energie: Wärmeenergie

Wird bei der Verbrennung eines Stoffes seine chemisch gespeicherte Energie in Form von Wärmeenergie frei, so kann diese ein anderes System erwärmen. Die Differenz des so erwärmten Systems zu seiner Umwelt macht seine thermische Energie aus. Wird dabei aus Wasser Dampf erzeugt, so verfügt dieser über eine hohe Differenz zu seiner Umwelt und dehnt sich aus. Wird diese Ausdehnung technisch verhindert, steigt der Druck im System. In Dampfkraftwerken wird das Verhältnis des Drucks innerhalb des

Systems im Verhältnis zu seiner Umwelt genutzt, um eine Turbine anzutreiben. Die thermische Energie des Wasserdampfes wird in Bewegungsenergie umgewandelt. Diese kann, wenn sie einen Generator antreibt, in elektrische Energie umgewandelt werden. Werden die als Wärmeenergie anfallenden Verluste bei der Umwandlung chemischer Energie in Strom genutzt, spricht man von einer Kraft-Wärme-Kopplung. Das Abfallprodukt Wärme kann so nutzbringend verwertet werden.

#### 3.2.5 Heizwert und Brennwert

Der Heizwert ( $H_i$ ) ist die Energie, die bei einer vollständigen Verbrennung abgegeben wird, wenn Rauch oder Abgase bei konstantem Druck bis auf die Bezugstemperatur zurückgekühlt werden. Der aus der Verbrennung entstandene Wasserdampf bleibt aber hierbei gasförmig. Früher wurde dieser Wert als „unterer Heizwert ( $H_u$ )“ bezeichnet. Der Heizwert eines Brennstoffes war in früheren Zeiten deshalb wichtig, da es zwingend notwendig war, den Wasserdampf im Abgas durch hohe Abgastemperaturen gasförmig zu belassen, um eine mögliche Korrosion des Heizkessels oder ein Versotten des Schornsteines zu verhindern. Der Heizwert sagt nichts über die Verbrennungsgeschwindigkeit aus. So beträgt der Heizwert von TNT nur ein Viertel des Wertes von Holz.

Der Brennwert beinhaltet also zusätzlich die durch Kondensation des entstandenen Wasserdampfes freiwerdende Energie: die Kondensationswärme. Früher wurde dieser Wert als „oberer Heizwert ( $H_o$ )“ bezeichnet.

! Umgekehrt ist es einfacher zu verstehen: Wird ein mit Wasser gefüllter Kessel auf dem Herd erwärmt und so lange Energie zugeführt, bis das Wasser eine Temperatur von 100 °C erreicht, ist dies eine reine Temperaturerhöhung. Schaltet man den Brenner nicht ab und führt dem Wasser weiterhin Energie zu, so bleibt die Temperatur konstant bei 100 °C. Das Wasser beginnt zu sieden und verdampft. Die weiterhin zugeführte Energie wird in Wasserdampf umgesetzt. Wenn dieser Wasserdampf wieder kondensiert, gibt er die zuvor zugeführte Energie als Wärme wieder ab. Das ist der Brennwerteffekt.

Der Brennwert ( $H_s$ ) ist die Energie, die bei einer vollständigen Verbrennung abgegeben wird, wenn das Abgas bei konstantem Druck bis auf die Bezugstemperatur zurückgekühlt wird.

Weiter mit: „1 Die Sonne, Quelle allen Lebens“ K: 7, S: 226

#### 3.2.6 Strahlungsenergie

Strahlungsenergie ist die Energie, die elektromagnetische Strahlung besitzt. Die Intensität der Energie ist von der Frequenz der Strahlung abhängig. Das Frequenzspektrum elektromagnetischer Strahlung reicht von Radiowellen, die über einen geringen Energiegehalt verfügen, bis hin zur sehr energieintensiven Teilchenstrahlung, die beim Zerfall radioaktiver Stoffe entsteht.

#### 3.2.7 Elektrische Energie: Strom

Elektrische Energie ist in den Atomen aller Stoffe enthalten. Zwischen Atomkern und Elektronen herrschen elektrische Kräfte, welche ihre Ursache in den verschiedenen elektrischen Ladungen von Protonen und Elektronen haben. Auch die Bindekräfte in ionischen Verbindungen basieren auf der Anziehungskraft zwischen positiv und negativ geladenen Teilchen.

! Elektrischer Strom ist häufig die Bezeichnung für die Bewegung von Ladungsträgern, zum Beispiel Elektronen oder Ionen, durch eine ausgewählte Fläche, zum Beispiel einen Drahtquerschnitt. Bereits Thales von Milet soll im 6. Jh. v. Chr. entdeckt haben, dass Bernstein leichte Körper anzieht, wenn er vorher mit Tüchern gerieben wird. Eine Erklärung dafür konnte er zwar nicht finden, das Wort Elektrizität (vom griechischen „elektron“ für „Bernstein“) weist aber immer noch auf diese Entdeckung aus der Antike zurück. Zu ihren bedeutendsten Wirkungen zählen das durch fließenden Strom induzierte Magnetfeld um den Leiter, die Erwärmung mäßig guter Stromleiter und die Leuchterscheinungen von fließendem Strom in Gasen.

#### EXPERIMENT 6: Eine Batterie im Selbstbau

ELEKTRONENFLUSS: Ein Atom besteht aus einem positiv geladenen Atomkern und den negativ geladenen Elektronen, die sich in mehreren Schalen um den Atomkern bewegen. Die Elektronen umkreisen den Atomkern mit einer Geschwindigkeit von etwa 2.200 km/s. Generell kann bei Stoffen zwischen Isolatoren und



7/228



6

Den Menschen der Frühzeit erschienen Blitz und Donner als Zeichen erzürnter Götter. Heute wissen wir, dass ein Blitz eine Entladung zwischen Wolke und Wolke oder Wolke und Erde ist. Der Blitz stellt eine Funkenentladung oder einen kurzzeitigen Lichtbogen dar, über den die Ladungsdifferenz ausgeglichen wird. Für einen Ladungsausgleich zwischen Wolke und Erde muss ein Potenzialunterschied (eine Spannung) von einigen 10 Millionen Volt gegeben sein. Ein Blitz hat im Durchschnitt eine Stromstärke von 20.000 Ampere und ist in mittleren Breiten etwa 1 bis 2 km lang. Im Blitzkanal wird die Luft schlagartig auf bis zu 30.000 °C erhitzt. Die Luft dehnt sich explosionsartig aus, was den Knall des Donners erzeugt.



ABBILDUNG 42: Blitze, unkontrollierter Potenzialausgleich zwischen Wolken und Erde - BILD: US Air Force

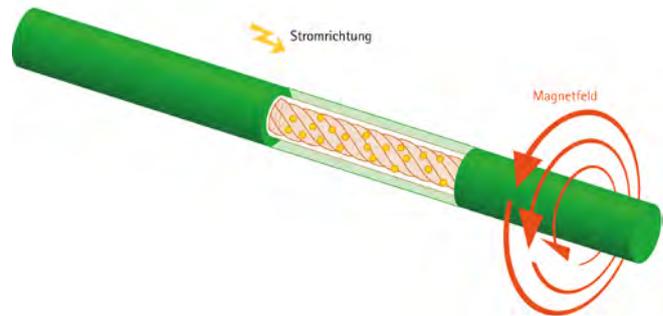


ABBILDUNG 43: Elektrischer Strom bedeutet, dass Elektronen durch einen Leiter fließen; dabei wird Energie transportiert - QUELLE: VBEW

Leitern unterschieden werden. In Isolatoren befinden sich alle Elektronen in ortsfesten Bindungen zum Atomkern. Leiter verfügen dagegen über freie Elektronen in der äußersten Schicht. Bewegen sich diese freien Elektronen in Richtung entlang eines Leiters, fließt elektrischer Strom.

**STROMSTÄRKE, SPANNUNG UND WIDERSTAND:** Die physikalische Größe der Stromstärke wird mit dem Formelzeichen  $I$  und der Einheit Ampere [A] angegeben. Die Stromstärke gibt die Anzahl der Elektronen an, die in einer bestimmten Zeitspanne den zur Verfügung stehenden Leitungsquerschnitt passieren. Die Kraft, mit der die Elektronen durch die Leitungen fließen, heißt elektrische Spannung  $U$ . Sie wird in der Einheit Volt [V] angegeben. Die Spannung bewirkt eine gerichtete Bewegung der Elektronen, und es fließt elektrischer Strom. Bei doppelter Spannung verdoppelt sich die Stromstärke, die Elektronen fließen also doppelt so schnell. Die elektrische Energie beschreibt eine bezogene oder gelieferte elektrische Leistung in einer bestimmten Zeitspanne. Bei Gleichstrom ist die elektrische Leistung das Produkt aus Spannung und Stromstärke, bei Wechselstrom sind die Größen Spannung und Stromstärke von der Zeit (Frequenz der Wechselspannung) abhängig. Der elektrische Widerstand ist ein Maß dafür, welche elektrische Spannung erforderlich ist, um einen bestimmten elektrischen Strom durch einen elektrischen Leiter (Widerstand) fließen zu lassen. Jeder Verbraucher in einem System stellt einen Widerstand dar: Bei der Anwendung

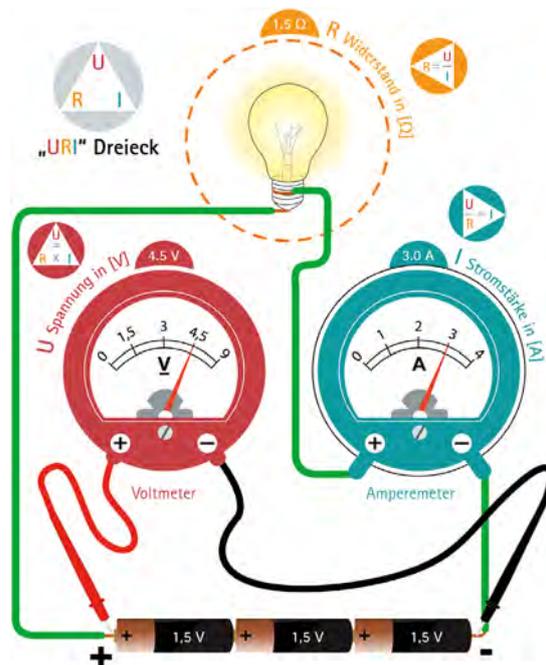


ABBILDUNG 44: Stromkreislauf über Widerstand (Glühbirne) - QUELLE: VBEW

- LINK: [www.vbew.de/schule/film/spannung.html](http://www.vbew.de/schule/film/spannung.html)
- LINK: [www.vbew.de/schule/film/elektronen.html](http://www.vbew.de/schule/film/elektronen.html)
- LINK: [www.vbew.de/schule/film/polaritaet.html](http://www.vbew.de/schule/film/polaritaet.html)

Die elektrische Spannung  $U$  (in Volt) gibt an, wie viel Energie nötig ist, um eine elektrische Ladung innerhalb eines elektrischen Leiters zu bewegen.  
 Die Stromstärke  $I$  (in Ampere) besagt, wie viel elektrische Ladung pro Zeitspanne einen definierten Querschnitt passiert.  
 Der elektrische Widerstand  $R$  (in Ohm) ist das Maß dafür, welche elektrische Spannung erforderlich ist, um eine bestimmte elektrische Stromstärke durch einen elektrischen Leiter (Widerstand) fließen zu lassen.  
 Das Ohmsche Gesetz: Stromstärke  $I$  (in Ampere) = Spannung  $U$  (in Volt)/Widerstand  $R$  (in Ohm).

## 2. KAPITEL: ENERGIE

### Energie in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen

von Glühlampen beispielsweise sind Material und Querschnitt des Glühdrahtes so gewählt, dass sich dieser Widerstand bis zur Weißglut erwärmt und somit Licht abgibt.

**DIE VOLTA'SCHE SÄULE:** Die vom italienischen Physiker Alessandro Volta um 1800 entwickelte Volta'sche Säule war die erste Vorrichtung, durch die Strom dauerhaft zum Fließen gebracht werden konnte. Sie gilt als Vorläuferin heutiger Batterien. Die Volta'sche Säule beruht auf dem Prinzip der galvanischen Zelle – der unterschiedlich starken Tendenz zweier Metalle, Elektronen abzugeben. Bei der Volta'schen Säule sind mehrere galvanische Zellen hintereinander geschaltet. Die beiden Metalle Kupfer und Zink sind durch eine Elektrolytschicht voneinander getrennt. Kommen Metalle mit Flüssigkeiten in Berührung, gehen Metall-Ionen in Lösung: Sie oxidieren und geben Elektronen an die Flüssigkeit ab. Das weniger edle Metall (Zink) löst sich dabei schneller auf, weshalb es mehr Elektronen freisetzt. Zwischen den beiden Metallen entsteht so eine Ladungsdifferenz, eine elektrische Spannung. Werden die Pole miteinander verbunden, fließt elektrischer Strom.

**ELEKTRISCHER GENERATOR UND ELEKTROMOTOR:** Ein Generator wandelt eine Drehbewegung in elektrischen Strom um. Diese Bewegung kann z. B. durch Wind oder Wasserkraft erzeugt werden. Eine einfache Bauweise eines Generators ist ein Fahrraddynamo. In ihm rotiert ein durch Bewegung eines Rades angetriebener Magnet in einer feststehenden Ständerwicklung und induziert dort eine Wechselspannung; dabei fließt elektrischer Strom. Das Gegenstück zum Generator ist der Elektromotor. In ihm kann der elektrische Strom wieder in eine Drehbewegung umgewandelt und zum Antrieb von Maschinen genutzt werden. Bei der Verstromung von Biomasse oder fossilen Rohstoffen wird die in den Brennstoffen gebundene Energie in Motoren oder Turbinen in eine Drehbewegung umgewandelt. Erst durch den Einsatz von Generatoren und Elektromotoren wurde es möglich, beispielsweise eine von einem Windrad in Norddeutschland erzeugte Drehbewegung zum Antrieb einer Bohrmaschine in einem österreichischen Haushalt zu nutzen. Früher mussten die Kräfte über Wellen, Riemen oder Zahnräder mechanisch übertragen werden.

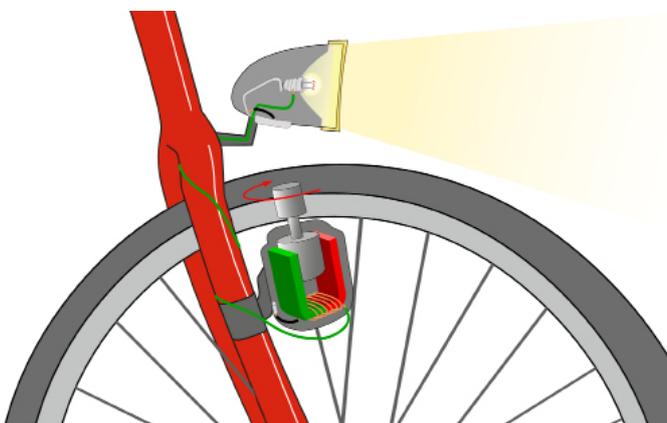


ABBILDUNG 45: Ein Fahrraddynamo ist ein Generator, bei dem ein Permanentmagnet durch Bewegung eines Rades angetrieben wird – QUELLE: VBEW



ABBILDUNG 46: Der Stromtransport über große Entfernungen wurde durch die Entwicklung des Transformators ermöglicht – BILD: Thomas Kohler

**VERLUSTFREIE ÜBERTRAGUNG:** Mit der Möglichkeit, elektrische Energie in großen Mengen zu erzeugen, entstand das Problem der verlustfreien Übertragung. Ist die Spannung gering, muss zur Übertragung derselben elektrischen Energie die Stromstärke um ein Vielfaches höher sein als bei einer hohen Spannung. Werden viele Elektronen in einem Leiter bewegt, entstehen Leitungsverluste in Form von Wärmeentwicklung. Diesen Verlusten kann nur mit einem hohen Leitungsquerschnitt entgegengewirkt werden. Große Querschnitte bedeuten hohe Materialkosten für die Leitungen und technische Schwierigkeiten aufgrund deren Gewichtes. Mit der Erfindung des Transformators konnte die Spannung von Wechselstrom beliebig hinauf oder hinunter transformiert werden. Somit konnten sich Wechselstromsysteme gegenüber Gleichstromsystemen durchsetzen.

**DER MENSCH – EIN GUTER STROMLEITER:** Die Leitfähigkeit eines Stoffes hängt von der Verfügbarkeit beweglicher Ladungsträger ab. Der Mensch besteht zum größten Teil aus Wasser, Salzen und Eiweißstoffen, was ihn zu einem guten Leiter für Strom macht. Alle Funktionsabläufe des menschlichen Körpers, wie etwa Wahrnehmungen und Bewegungen, werden vom Gehirn aus durch körpereigene Stromimpulse gesteuert. Auch das Herz arbeitet im Rhythmus eigener elektrischer Impulse. Kommen wir mit Spannung in Berührung, schließt sich der Stromkreis über unseren Körper. Die körpereigenen Impulse werden dabei überlagert; durch den Widerstand unseres Körpers entstehen Verbrennungen. Die maßgeblichen Ursachen für die Auswirkungen eines Stromunfalls sind die Art der Spannung (Gleich- oder Wechselspannung), der Stromweg über den Körper und die Wirkungsdauer des elektrischen Stroms. Die Stromstärke ist ausschlaggebend für die Belastung des menschlichen Körpers und seiner Funktionen. Im Niederspannungsbereich beträgt die Spannung 230 Volt. Mit einem Widerstand von etwa 1.000 Ohm herrscht bei einem Stromunfall eine Stromstärke von 230 mA. Schließt sich der Stromkreis über das Herz, besteht absolute Lebensgefahr.

! Der menschliche Herzrhythmus ist durch Wechselstrom in besonderem Maß gefährdet. Mit 50 Hz kann Wechselstrom bereits bei einer Stromstärke von 10 mA und einer Einwirkdauer, die länger als zwei Sekunden beträgt, zum Tod durch Herzstillstand führen.

### 3.3 Energie in technischen Prozessen

#### 3.3.1 Energienutzungskette

Wird ein Energieträger vom Menschen genutzt, hat er meistens schon einen langen und energieintensiven Weg hinter sich. Bis der Energieträger zuletzt in die Form von Energie umgewandelt werden kann, die gerade benötigt wird, kann ein Mehrfaches der Energie verlorengehen. Für die Förderung, Verarbeitung und Bereitstellung des Energieträgers muss etwa ein Drittel der Fördermenge aufgewendet werden, ein anderes Drittel geht bei der Umwandlung in die benötigte Form von Nutzenergie als Abwärme verloren. Immer mehr Energieversorgungsunternehmen bieten heute nicht die Energieträger selber, sondern gleich Nutzenergie wie zum Beispiel Wärme an. Dadurch verlagert sich die Verkaufsperspektive für die Energieversorger. Werden die Energieträger direkt vermarktet, können die Energieversorgungsunternehmen bei ineffizienten Anlagen höhere Gewinne einfahren. Werden Energiedienstleistungen angeboten, wirken sich effiziente Anlagen positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit des Energiedienstleisters aus.



ABBILDUNG 47: Energiefluss und Energienutzungskette  
 QUELLE: Bund, Fachgruppe Bauen und Energie

#### 3.3.2 Der Wirkungsgrad

Bei der Energieumwandlung bezeichnet der Wirkungsgrad das Verhältnis von Input zu Output. Die dabei entstehenden Differenzen werden als Verluste bezeichnet. Der Wirkungsgrad beschreibt somit die Effizienz von Energieumwandlungen. Arbeiten in einem technischen System mehrere Maschinen und Energieumwandlungen nacheinander, werden die einzelnen Wirkungsgrade zum Gesamtwirkungsgrad multipliziert. Zum Beispiel ist der Wirkungsgrad eines Traktors das Produkt aus den Wirkungsgraden von Getriebe, Laufwerk und Motor. Der theoretische Wertebereich des Wirkungsgrades liegt zwischen 0 und 1 oder 0 und 100%. Werden alle Einflüsse auf das System in der Bilanz berücksichtigt, ist in der Praxis kein Wirkungsgrad über 100% möglich. Ein System mit einem Wirkungsgrad über 100% wird als Perpetuum mobile bezeichnet. Bei Wärmepumpen oder Kältemaschinen wird die Effizienz mit der Leistungszahl beschrieben. In dieser wird im Gegensatz zum Wirkungsgrad die gesamte zugeführte Energie einschließlich der entzogenen Umgebungswärme berücksichtigt.

**!**  $Energie = Exergie + Anergie$

Energie kann in einem geschlossenen System nicht weniger werden; sie kann nicht verbraucht werden. Neben der Menge an Energie ist auch ihre Qualität entscheidend. Ein Maß für die Qualität der Energie ist die Exergie. Sie ist der Anteil der Energie, der fähig ist, Arbeit zu leisten. Jede Form von Energie kann in eine andere Form umgewandelt werden; ein Teil der Energie leistet Arbeit (Energie), wird dabei in Anergie umgewandelt und ist somit für uns nicht mehr nutzbar. Anergie hat nicht die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Die Exergie, die in einer bestimmten Menge von Energie enthalten ist, kann dagegen genutzt werden. Die Anteile von Exergie und Anergie sind von der Umgebung der Energie in einem System abhängig. Ein Liter Wasser, dessen Temperatur 40°C beträgt, hat in einer Umgebung mit 0°C einen höheren Anteil an Exergie als in einer Umgebung mit einer Temperatur von 40°C. Bei 40°C besitzt dieser Liter Wasser keine Exergie, sondern nur Anergie; er hat keine Fähigkeit, Arbeit zu leisten.

Wird also eine qualitativ hochwertige Form von Energie wie Strom in eine Energieform von geringerer Qualität wie Bewegungsenergie umgewandelt, wird ein entsprechender Anteil der Exergie des Stromes in eine qualitativ mindere Form wie Abwärme umgewandelt. Der effiziente Umgang mit Energie setzt voraus, dass die Qualität der verwendeten Energie bestmöglich an den Verwendungszweck angepasst wird. Verwendet man Strom, um dezentral Raumwärme bereitzustellen, müssen die Umwandlungsverluste der Stromerzeugung berücksichtigt werden. Viel effizienter ist es, die Abwärme der Stromerzeugung direkt für diesen Bedarf zu nutzen.

Der Wirkungsgrad der technischen Systeme wirkt sich auf die gesamte Energiebilanz eines Wirtschaftssektors aus.

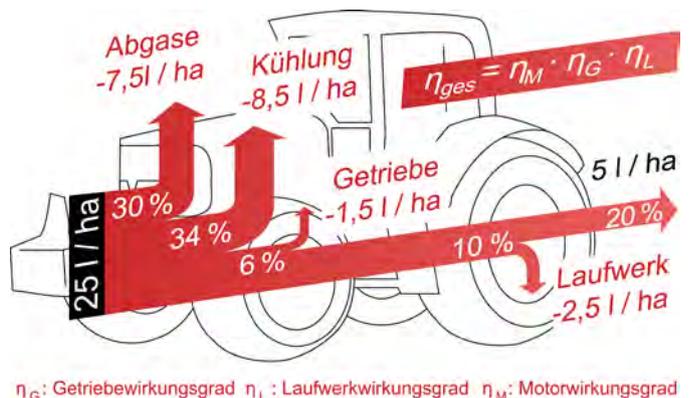


ABBILDUNG 48: Wirkungsgrad eines Traktors - QUELLE: BOKU

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Energie in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen

|                       | Maschine/Prozess       | Eingesetzte Energie | Nutzenergie          | Wirkungsgrad [%] |
|-----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| Energiebereitstellung | Kernkraftwerk          | nuklear             | elektrisch           | 35*              |
|                       | Kohlekraftwerk Wärme   | chemisch            | elektrisch           | 25-50            |
|                       | Kohlekraftwerk KWK     | chemisch            | elektrisch/thermisch | 30-40 / 50-60    |
|                       | Windkraftanlage        | mechanisch          | elektrisch           | bis 50           |
|                       | Holzgas-KWK-Anlage     | chemisch            | elektrisch/thermisch | 75-85            |
|                       | Wasserkraftwerk        | potenzielle Energie | elektrisch           | 80-90            |
| Maschinen             | Brennstoffzelle        | chemisch            | elektrisch           | 20-60            |
|                       | Stirlingmotor          | thermisch           | mechanisch           | 10-66            |
|                       | Dampfmaschine          | chemisch            | mechanisch           | 3-44             |
|                       | Verbrennungsmotor      | chemisch            | mechanisch           | bis 50           |
|                       | Elektromotor           | elektrisch          | mechanisch           | 95-99            |
| Natur                 | Photosynthese-Reaktion | elektromagnetisch   | chemisch             | 6-8              |
|                       | Mensch                 | chemisch            | mechanisch           | bis 30           |

ABBILDUNG 49: Wirkungsgrade von Maschinen und Prozessen - QUELLE: Wikipedia \*Wirkungsgrad des Kernkraftwerkes bezieht sich auf die Umsetzung des Energiegehaltes des Urans in den Brennstäben.



ABBILDUNG 50: Energiebilanz der Landwirtschaft im Wandel - QUELLE: Krausmann, 10 % des Ertrages mit Urpflanze gegenüber moderner Züchtung. Wirkungsgrad Mensch etwa 30 %. Sonneneinstrahlung nicht im korrekten Verhältnis dargestellt.

.ppt

### PRÄSENTATION 50: Die Energienutzungskette (23 Folien)

## 3.4 Energiegehalt verschiedener Brennstoffe

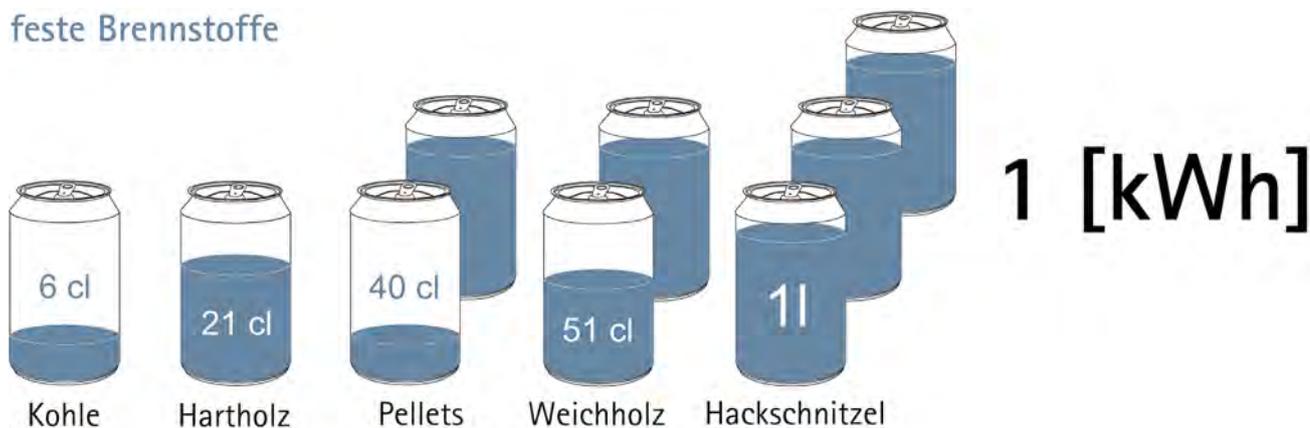
Der Energiegehalt von Brennstoffen oder Nahrungsmitteln kann sehr unterschiedlich sein. Zum Vergleich wird die Energie von einer Kilowattstunde (1 kWh) in Form von verschiedenen gängigen Energieträgern dargestellt. Verglichen werden feste, flüssige und gasförmige Energieträger. Beispielsweise ist in einem Raummeter Buchenholz genauso viel Energie gespeichert wie in 162 Litern Heizöl, 185 Kubikmetern Erdgas oder 625 Kilogramm Steinkohle.

Da Energieträger wie Biogas, Erdgas oder Wasserstoff im gasförmigen Zustand über ein sehr großes Volumen verfügen, werden sie für den Transport oder die Lagerung komprimiert oder verflüssigt. Das Volumen von verflüssigtem Erdgas LNG (Liquefied Natural Gas) ist etwa 600-mal geringer als das Volumen im gasförmigen Zustand. Für die Verflüssigung muss Erdgas auf minus 160 °C abgekühlt und über den gesamten Transportweg gekühlt werden, was sich als sehr energieintensiv gestaltet.

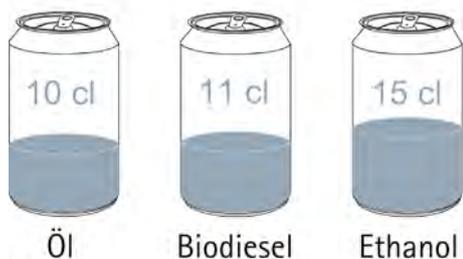
# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Energie in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen

### feste Brennstoffe



### flüssige Brennstoffe



### gasförmige Brennstoffe



unter 200 bar komprimiertes Biogas oder Erdgas (CNG)

ABBILDUNG 51: Energiegehalt verschiedener Energieträger pro Volumen (unter der Berücksichtigung der spezifischen Dichte von typischen Handelsformen)  
 QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger, eigene Berechnung

### PRÄSENTATION 51: Energiegehalt verschiedener Energieträger (22 Folien)

|            | Energieträger | ENERGIEGEHALT/Heizwert |       |           | CO <sub>2</sub> -Emissionen<br>in [g/MJ] |
|------------|---------------|------------------------|-------|-----------|--|
|            |               | kJ/cm <sup>3</sup>     | MJ/kg | Liter/kWh |  |
| Feststoffe | Steinkohle    | 64,5                   | 28,8  | 0,06      | 93                                       |
|            | Braunkohle    | 19,8                   | 19,8  | 0,2       | 111                                      |
|            | Hartholz      | 15,8                   | 15,8  | 0,21      | CO <sub>2</sub> -neutral                 |
|            | Weichholz     | 7,9                    | 15,8  | 0,51      | CO <sub>2</sub> -neutral                 |
|            | Pellets       | 11,7                   | 18    | 0,40      | CO <sub>2</sub> -neutral                 |
|            | Hackschnitzel | 4,5                    | 18    | 1         | CO <sub>2</sub> -neutral                 |
| Fluide     | Öl/Diesel     | 32,8                   | 39,6  | 0,10      | 74                                       |
|            | Benzin        | 29,8                   | 41,4  | 0,12      | 72                                       |
|            | Biodiesel     | 31,7                   | 36    | 0,11      | CO <sub>2</sub> -neutral                 |
|            | Ethanol       | 23                     | 28,8  | 0,15      | CO <sub>2</sub> -neutral                 |
| Gase       | Erdgas CNG    | 4                      | 50,4  | 0,9       | 56                                       |
|            | Biogas CBG    | 4                      | 50,4  | 0,9       | CO <sub>2</sub> -neutral                 |

ABBILDUNG 52: Energiegehalt verschiedener Energieträger - QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger, Öko-Institut Darmstadt, eigene Berechnung. Erdgas sowie Biogas sind mit 100 % Methangehalt angenommen, Verbrennung biogener Energieträger erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral

# 2. KAPITEL: ENERGIE

## Quellenangaben und Literatur

### 4 QUELLENANGABEN UND LITERATUR

Austrian Energy Agency (2008): EE-Pot Abschätzung der Energieeffizienz-Potenziale in Österreich bis zum Jahr 2020.  
[http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/04\\_aea\\_08\\_eepot.pdf](http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/04_aea_08_eepot.pdf)

Bmlfuw; Bmwfj (2011): Ressourcennutzung in Österreich Bericht 2011.  
[http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung\\_Bericht%202011.pdf](http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung_Bericht%202011.pdf)

Bmwfj (2012): Energiestatus Österreich 2012.  
<http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Energiestatus%202012.pdf>

Bmwfj (2008): Energie Strategie Österreich.  
[http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie\\_oesterreich.pdf](http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf)

Bmwfi (2010): Erneuerbare Energien – Daten und Fakten.  
[http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Erneuerbare%20Energien\\_Daten%20und%20Fak-ten.pdf](http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Erneuerbare%20Energien_Daten%20und%20Fak-ten.pdf)

Bmvit (2012): Nachhaltig wirtschaften.  
[http://www.energieklima.at/fileadmin/user\\_upload/pdf/Zahlen\\_Daten/2011-Marktstatistik-2010\\_5.pdf](http://www.energieklima.at/fileadmin/user_upload/pdf/Zahlen_Daten/2011-Marktstatistik-2010_5.pdf)

Boyden, S. (1992): Biohistory, The Interplay Between Human Society and the Biosphere. UNESCO and Parthenon Publishing Group. Paris: Casterton Hall, Park Ridge.

BP Statistical Review of World Energy June 2011.  
[http://www.bp.com/assets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2011.pdf](http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf)

Brede, E. (et al) (2000): Entdecken und Verstehen 1: Von der Urgeschichte bis zum Mittelalter. Berlin. S. 21.

Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen (2011): Bericht über die menschliche Entwicklung 2011.  
[http://www.dgvn.de/fileadmin/user\\_upload/BILDER/bilder publikationen/UN\\_Berichte\\_HDR/HDR\\_2011/HDR-2011-Vollversion.pdf](http://www.dgvn.de/fileadmin/user_upload/BILDER/bilder publikationen/UN_Berichte_HDR/HDR_2011/HDR-2011-Vollversion.pdf)

Deutsche Stiftung Weltbevölkerung (2012): Datenreport 2012 der deutschen Stiftung Weltbevölkerung. Soziale und demographische Daten weltweit.  
[http://www.weltbevoelkerung.de/fileadmin/user\\_upload/PDF/Datenreport/Datenreport\\_2012.pdf](http://www.weltbevoelkerung.de/fileadmin/user_upload/PDF/Datenreport/Datenreport_2012.pdf)

E-Control (2008): Grünbuch Energieeffizienz Maßnahmenvorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz.  
[http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/energie-effizienz/dokumente/pdfs/Gruenbuch%20Energieeffizienz\\_17102008\\_Druckversion.pdf](http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/energie-effizienz/dokumente/pdfs/Gruenbuch%20Energieeffizienz_17102008_Druckversion.pdf)

EIA (2011): International Energy Outlook 2011.  
[http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)

[European Commission \(2011\): Key figures. Market for Energy.](#)

Eurostat (2005): Energy statistics manual.  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_PUBLIC/NRG-2004/EN/NRG-2004-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/NRG-2004/EN/NRG-2004-EN.PDF)

Eurostat (2006): Im Blickpunkt – Energie. Jahrbuch 2006–2007.  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-CD-06-001-ENERGY/DE/KS-CD-06-001-ENERGY-DE.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-CD-06-001-ENERGY/DE/KS-CD-06-001-ENERGY-DE.PDF)

Eurostat (2008): Energie. Jahrbuch 2008.  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-CD-07-001-INTRO/DE/KS-CD-07-001-INTRO-DE.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-CD-07-001-INTRO/DE/KS-CD-07-001-INTRO-DE.PDF)

EU transport ghg routes to 2050.

<http://www.eustransportghg2050.eu/cms/>

ExxonMobil (2012): *Thinking of the world's toughest energy challenges. The Outlook for Energy: A View to 2040.*

[http://www.exxonmobil.com/corporate/files/news\\_pub\\_eo2012.pdf](http://www.exxonmobil.com/corporate/files/news_pub_eo2012.pdf)

Haberl, H. (2000): *Energetischer Stoffwechsel und Nachhaltigkeit.*

<http://www.umweltethik.at/download.php?id=356>

Hänggi, M. (2010): *Ausgepowert.* Zürich: Rotpunktverlag.

Herden, R.-E. (2007): *Die Bevölkerungsentwicklung in der Geschichte.*

[http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/handbuch\\_texte/pdf\\_Herden\\_Bevoelkerungsentwicklung\\_in\\_der\\_Geschichte.pdf](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Herden_Bevoelkerungsentwicklung_in_der_Geschichte.pdf)

IEA (2008): *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency Key Insights from IEA Indicator Analysis.*

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Indicators\\_2008-1.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Indicators_2008-1.pdf)

IEA (2010): *Energy technology perspectives scenarios and strategies to 2050.*

<http://www.iea.org/techno/etp/etp10/English.pdf>

IEA (2011): *Clean energy Progress Report.*

[http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/IEA\\_Clean\\_Energy\\_progress\\_report.pdf](http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/IEA_Clean_Energy_progress_report.pdf)

IAE (2011): *World Energy Outlook 2011.*

[http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebseite/2011/es\\_german.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebseite/2011/es_german.pdf)

IEA (2011): *Key world energy statistics 2011.*

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key\\_world\\_energy\\_stats-1.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key_world_energy_stats-1.pdf)

Jürgen Paeger Consulting: *Nachhaltigkeit Managementsysteme.*

<http://www.oekosystem-erde.de/>

Kröger, Inga; van Olst, Nienke; Klingholz, Reiner (n): *Das Ende der Aufklärung. Der internationale Widerstand gegen das Recht auf Familienplanung.*

[http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/Studien/Ende\\_Aufklaerung\\_Webversion.pdf](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/Studien/Ende_Aufklaerung_Webversion.pdf)

Lebensministerium (2012): *Grüner Bericht 2012; Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft.*

<http://www.gruenerbericht.at/cm2/index.php>

Murck, B. (2005): *Environmental Science, A Self Teaching Guide.* New York, Wiley Verlag.

Österreichischer Biomasse-Verband (2011): *Basisdaten 2011 Bioenergie.*

<http://www.biomasseverband.at/publikationen/broschueren/>

Ponting, C. (2007): *A New Green History of the World - The Environment and the Collapse of Great Civilisations.*

Überarbeitete Neuauflage des Klassikers von 1991: *Eine Umweltgeschichte der Erde.* Vintage Books.

Quaschnig, V. (2009): *Erneuerbare Energien und Klimaschutz – Hintergründe, Techniken, Anlagenplanung, Wirtschaftlichkeit.* 2. aktualisierte Auflage. München: Carl Hanser Verlag.

Smil, V. (2006): *Energy. A Beginner's Guide.* Oxford: OneWorld Publications.

Statistik Austria (2012): *Österreich. Zahlen, Daten, Fakten.*

[http://www.statistik.at/web\\_de/services/oesterreich\\_zahlen\\_daten\\_fakten/index.html](http://www.statistik.at/web_de/services/oesterreich_zahlen_daten_fakten/index.html)

## 2. KAPITEL: ENERGIE

### Quellenangaben und Literatur

Statistik Austria (2011): Projektbericht Energieeinsatz im Dienstleistungssektor.  
[http://www.statistik.at/web\\_de/suchergebnisse/index.html](http://www.statistik.at/web_de/suchergebnisse/index.html)

Umweltbundesamt (2010): Neunter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich.  
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0286.pdf>

Umweltbundesamt (2012): Klimaschutzbericht 2012.  
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0391.pdf>

VTI (2011): Energie in der Nahrungsmittelkette.  
[http://literatur.vti.bund.de/digbib\\_extern/dn048963.pdf](http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn048963.pdf)

WKO (2011): Beschäftigungsstruktur Erwerbstätige nach Wirtschaftssektoren, Stand: 2011.  
<http://wko.at/statistik/eu/europa-beschaefigungsstruktur.pdf>



# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Einsatz Fossiler Energieträger

### 1 EINSATZ FOSSILER ENERGIETRÄGER

Bei fossilen Brennstoffen handelt es sich um Kohlenwasserstoffverbindungen in fester, flüssiger oder gasförmiger Form. Im Gegensatz zu erneuerbaren Energieträgern sind sie nur in begrenztem Maß auf unserer Erde vorhanden und können sich nicht regenerieren. Alle fossilen Energieträger (außer Uran) sind Stoffgemische, die durch geologische Prozesse aus Biomasse entstanden sind.

Uran ist ein Metall, das in sauerstoffhaltigen Mineralien vorkommt. Da sich Uranvorkommen in absehbarer Zeit nicht regenerieren, wird Uran ebenfalls zu den fossilen Energieträgern gezählt, obwohl es nicht aus Biomasse entstanden ist. Der Einsatz fossiler Energieträger ist nicht nachhaltig, denn er führt zu einer Reihe von gesellschaftlichen und politischen Problemen und belastet die Umwelt entlang der gesamten Produktkette.

**!** Fossile Brennstoffe sind aus toter Biomasse, die vor Jahrmillionen abgestorben ist. Sie bestehen aus gespeicherter Sonnenenergie und aus der Erdatmosphäre gebundenem CO<sub>2</sub>, das in der Lithosphäre (Erdruste) angereichert wurde.

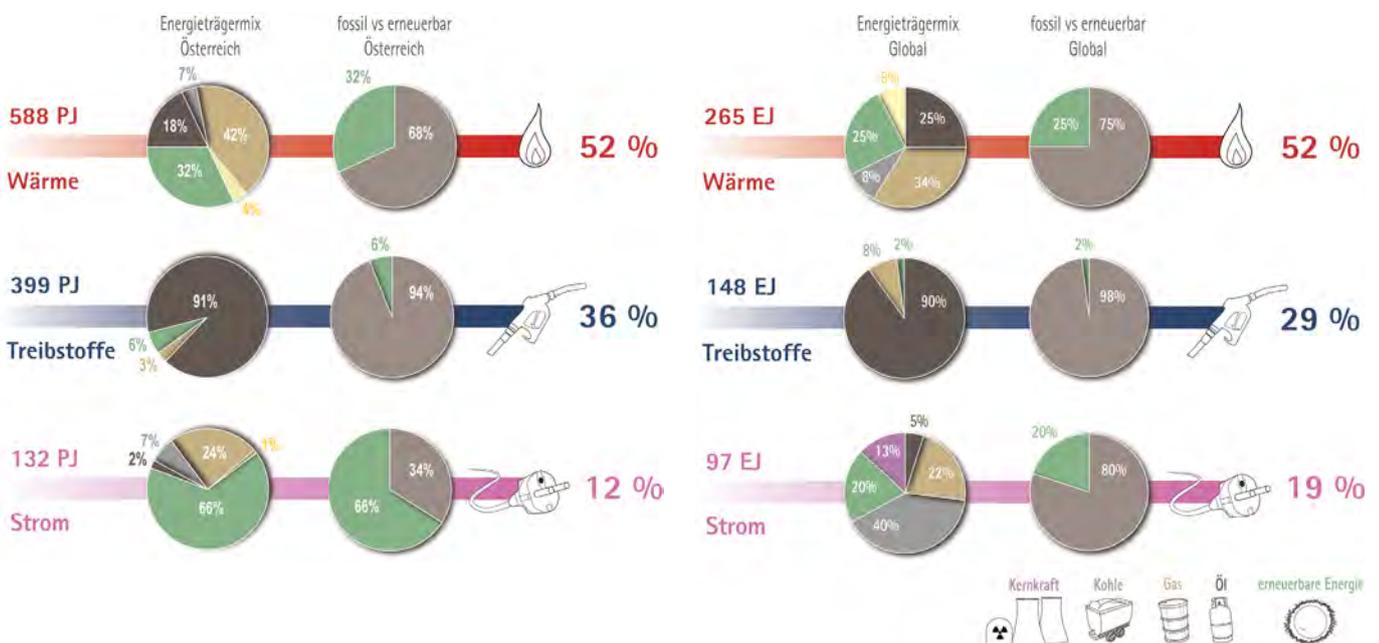


ABBILDUNG 53: Energieträgermix für Wärme, Treibstoffe und Strom in Österreich (2012) und weltweit - QUELLE: Österreichische Energieagentur, IEA Kopetz

PRÄSENTATION 52: Einsatz fossiler Energieträger (37 Folien)

Weiter mit: „2.5 Bildung von Kohlenstoffsenken – fossile Energieträger im Kohlenstoffkreislauf“ K: 6, S: 203

## 2 PROBLEMATIK DER NUTZUNG FOSSILER ENERGIETRÄGER

### 2.1 Die Nutzung fossiler Energieträger ist nicht umweltverträglich

Die Nutzung fossiler Energieträger ermöglichte uns einen noch nie da gewesenen Zugang zu leicht verfügbarer Energie. Daraus resultierten eine Beschleunigung der technologischen Entwicklung und steigender Wohlstand. Doch seit Beginn der Industrialisierung steigt aufgrund der Nutzung fossiler Energieträger der Kohlendioxidgehalt in der Erdatmosphäre ständig an. CO<sub>2</sub> gilt als Hauptverursacher der Klimaerwärmung. Laut der US-amerikanischen Behörde zur Überwachung der Ozeane und Atmosphäre (NOAA) war die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre 2009 um

40% höher als vor Beginn der Industrialisierung und höher als jemals in den vergangenen 650.000 Jahren. Der Einsatz fossiler Energieträger führt zu Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen – je nach Energieträger in unterschiedlichem Maße. Braunkohle setzt bei der Verbrennung pro Energieeinheit fast doppelt so viel CO<sub>2</sub> frei wie Erdgas. Die Verfeuerung von Kohle trägt mehr zum Klimawandel bei als die Verbrennung jedes anderen fossilen Brennstoffes, obwohl Erdöl der bedeutendste fossile Energieträger ist.

TEXT 7: Feinstaubbelastung (1 Seite)

ARBEITSAUFTRAG 4: Was geschieht bei der Verbrennung?

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

### EXKURS 8: Die klassischen Luftschadstoffe

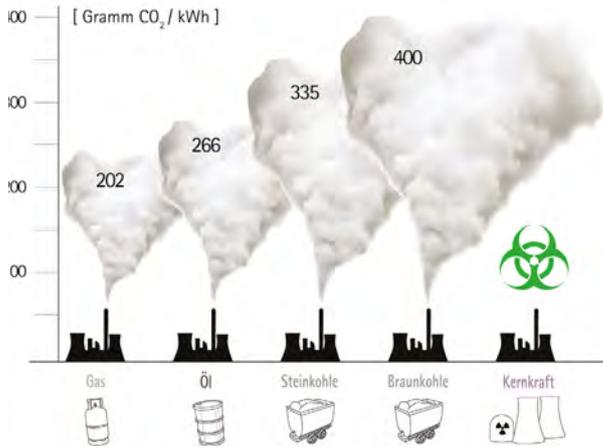


ABBILDUNG 54: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen fossiler Brennstoffe

QUELLE: Allianz Umweltstiftung, IEA, eigene Berechnung

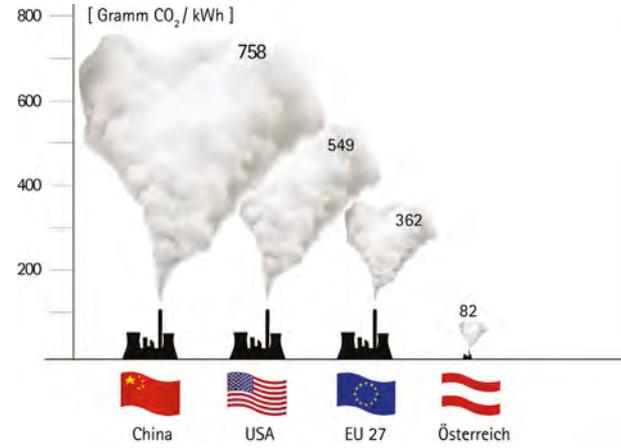


ABBILDUNG 55: CO<sub>2</sub>-Belastung durch Stromerzeugung im Vergleich

QUELLE: Allianz Umweltstiftung, IEA, eigene Berechnung. Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Österreichers liegen jedoch deutlich über denen eines Chinesen



„In vielen Ländern liegt die Konzentration der Luftschadstoffe immer noch über den gesetzlich vorgeschriebenen und empfohlenen Grenzwerten, mit denen die Gesundheit der Bürgerinnen und Bürger Europas geschützt werden soll. So wird die Lebenserwartung in den am stärksten verschmutzten Städten und Gebieten durch Luftschadstoffe um rund zwei Jahre verringert.“

„Jacqueline McGlade, Direktorin der Europäischen Umweltagentur“

ABBILDUNG 56: Jacqueline McGlade - BILD: EEA

Nicht zu unterschätzen ist auch die Schadstoffemission bei der Stromerzeugung. Laut der Internationalen Energieagentur (IEA) mit Sitz in Paris erfolgt die globale Stromerzeugung zu 80% durch fossile Energieträger. 70% der CO<sub>2</sub>-Emissionen der weltweiten Stromgewinnung sind auf die Nutzung von Kohle zurückzuführen; unter allen fossilen Energieträgern ist die Nutzung von Kohle mit dem höchsten CO<sub>2</sub>-Ausstoß verbunden. Dazu kommt laut IEA, dass für die Bereitstellung einer Kilowattstunde Endenergie im weltweiten Schnitt Primärenergieträger mit einem Energiegehalt von 1,5 Kilowattstunden verbraucht werden. Strom macht in Österreich etwa 12% des Endenergiebedarfes aus. In Österreich kommt ein sehr hoher Anteil von Wasserkraft für die Stromproduktion zum Einsatz. Je nach Energieträgermix fällt die CO<sub>2</sub>-Bilanz sehr unterschiedlich aus. In Österreich wurden im Jahr 2013 33% des eingesetzten Stroms aus fossilen Energieträgern gewonnen. Neben dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß werden bei der Verbrennung fossiler Energieträger auch die klassischen Luftschadstoffe, wie Kohlenmonoxid, Stickoxide, Schwefeldioxid, Feinstaub oder Ozon, freigesetzt. Die Luftverschmutzung durch den Einsatz fossiler Energieträger erlebte in Europa in den 1970er-Jahren ihren Höhepunkt. Seit damals ist man bemüht, mit Filtersystemen und verbesserter Verbrennungstechnik die Emissionen einzudämmen. Trotzdem sind immer noch viele Europäer grenzwertigen Schadstoffemissionen ausgesetzt. Laut

der Europäischen Umweltagentur (EEA) trifft das etwa auf ein Drittel aller europäischen Großstädter zu. Die Kosten, die durch Schadstoffemissionen entstehen, werden von der Gesellschaft getragen. Im Jahr 2009 waren das 200 Euro bis 330 Euro für jeden europäischen Bürger.

### MAGNETCHART 4: Energieträgermix der globalen Stromerzeugung

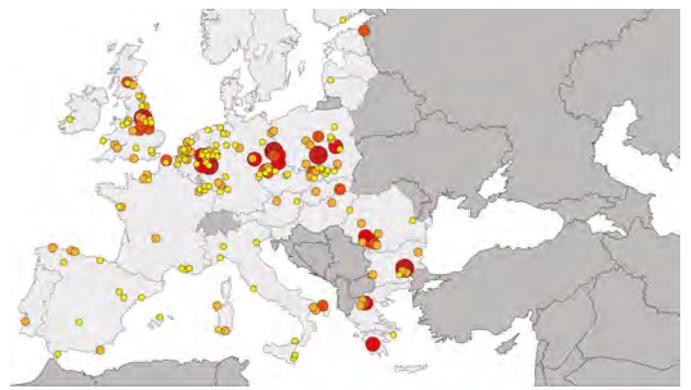


ABBILDUNG 57: Industriezentren in der EU; diese sind verantwortlich für 50% der Luftverschmutzungskosten. - QUELLE: EEA



8



4

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

Laut einer Studie der European Climate Foundation würde ein Szenario zur Deckung von 80% des europäischen Energiebedarfs durch erneuerbare Energie die EU jährlich 220 Milliarden Euro kosten, was 2,5% der gesamten Investitionssummen des EU-Haushaltes ausmachen würde. 2,8% werden derzeit in Öl und Gas investiert. Die Haushalte müssten mit jeweils zusätzlichen 140 Euro pro Jahr belastet werden. Die Kosten, die durch Schadstoffemissionen aus fossilen Energieträgern entstehen, könnten die finanzielle Beteiligung der Haushalte für dieses Szenario decken. Weltweit wurden laut Internationaler Energieagentur IEA die fossilen Energieträger im Jahr 2012 mit 544 Milliarden US-\$ gefördert. Die Förderungen für erneuerbare Energie beliefen sich auf 102 Milliarden US-\$.

Laut einer Studie, die von Greenpeace in Auftrag gegeben wurde, beliefen sich die weltweit entstandenen versteckten Kosten durch die Verfeuerung von Kohle im Jahr 2007 auf 360 Milliarden Euro. Für die hohen Kosten, die durch die Emissionen der Kraftwerke, Unfälle und den Kohlebergbau entstehen, werden nicht die Verursacher, sondern die Allgemeinheit zur Verantwortung gezogen. Gegenüber den Konsumenten fossiler Energie mag das gerechtfertigt erscheinen, sofern sie die Wahlmöglichkeit hätten zwischen der Nutzung fossiler oder erneuerbarer Energieträger. Besonders ungerecht erscheint dieses System jedoch vor allem gegenüber denjenigen, die sich bewusst für den Einsatz erneuerbarer Energieträger entschieden haben.

**€220 Milliarden**  
pro Jahr



**€140**  
pro Haushalt  
pro Jahr



**€220 Milliarden**  
pro Jahr



**€140**  
pro Haushalt  
pro Jahr



ABBILDUNG 58: Belastung der Energiewende für EU und Haushalte, ohne versteckte Kosten - BILD: European Climate Foundation



# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

### 2.2 Die fossilen Energieträger sind endlich

Die weltweite Energieversorgung stützt sich überwiegend auf die fossilen Energieträger Kohle, Öl und Gas. Der globale Energiebedarf steigt jährlich um circa 2% an. Bis 2030 rechnet die Internationale Energieagentur (IEA) mit einer Zunahme um insgesamt 45%. Der Ölbedarf wird demnach um 25% steigen, der Bedarf an Erdgas um 50%. Bei Kohle wird eine Steigerung von 57% vorausgesagt. Ein Grund für diese drastischen Zunahmen ist das Wachstum des asiatisch-pazifischen Raumes. Allein China benötigte 2007 so viel Öl wie Saudi-Arabien, Kuwait und der Iran gemeinsam fördern können. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Kohle. China verbraucht derzeit 40% der weltweit geförderten Kohle.

Statistiken weisen unterschiedliche Reichweiten auf. Es wird dabei zwischen Ressourcen und Reserven unterschieden. Unter Reserven werden die wirtschaftlich förderbaren Vorkommen bezeichnet. Zu den Ressourcen zählen alle bekannten Lagerstätten, auch wenn sie mit dem Stand der Technik nicht oder noch nicht wirtschaftlich gefördert werden können.

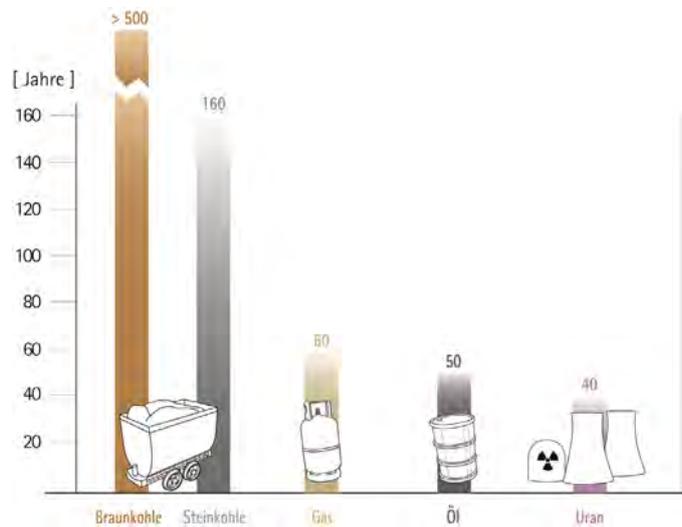


ABBILDUNG 59: Endlichkeit der fossilen Energieträger im Vergleich  
QUELLE: Verband des deutschen Kohlebergbaus, Allianz Umweltstiftung



„In den kommenden Jahren wird nicht genügend Öl verfügbar sein, um die steigende Nachfrage zu decken. Grund dafür ist, dass ein großer Teil der Ölfelder immer weniger Öl produziert. Selbst bei konstanter Nachfrage bräuhete die Welt bis 2030 „vier neue Saudi-Arabien“, um die abnehmende Ölproduktion zu kompensieren. Der Rückgang ist dramatisch. Jedes Fass Öl, das in den nächsten Jahren auf den Markt kommt, wird sehr viel schwieriger zu fördern und sehr viel teurer sein. Die Zeiten des billigen Öls sind vorbei. Regierungen und Industrie müssen sich darauf vorbereiten.“

“ Fatih Birol, Chefökonom der Internationalen Energieagentur IEA “

ABBILDUNG 60: Fatih Birol - BILD: F Hartmann, Public Domain

Es ist seit langem bekannt, dass die Ölreserven der Welt endlich sind. Das heißt, dass sie nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. Umstritten ist nur, wann „Peak Oil“ – der Höhepunkt der weltweiten Ölförderung – erreicht ist. Manche Experten meinen, der Gipfel wäre schon überschritten, andere erwarten Peak Oil in naher Zukunft. Verschärfend kommt hinzu, dass nicht nur die Ölreserven schwinden, sondern im gleichen Zeitraum die Nachfrage nach Öl stark gestiegen ist und vor allem in Schwellenländern wie China und Indien weiter steigen wird. Auch die Internationale Energieagentur erwartet in den nächsten Jahren ernsthafte Engpässe bei der Ölversorgung. Laut dem Post Carbon Institute war der Peak der Ölentdeckung bereits um 1960 erreicht, während die Ölproduktion von 54 der 65 wichtigsten Ölförderer 2006 ihren Höhepunkt erreichte. Bis 2018 soll Peak

Oil in 62 Staaten eintreffen. Um 1960 wurden für jedes verwendete Barrel Öl sechs neue in Lagerstätten entdeckt. Heute werden weltweit für jedes Barrel Öl, das neu entdeckt wird, vier Barrel Öl verbraucht. Um 1960 konnten in den USA mit dem Energiegehalt von einem Barrel Öl 100 neue Barrels gefördert werden, heute beträgt das Verhältnis von Energieeinsatz und gewonnener Energie nur noch 1:10. Bei der Gewinnung von Öl aus Ölsanden schrumpft dieses Verhältnis auf bis zu 1:1,5. Dementsprechend steigen die Treibhausgasemissionen durch die Förderung. Die verstärkte Förderung von Erdöl aus unkonventionelle Quellen (Ölsande, Schieferöl) ist auf den Preisanstieg des Öls zurückzuführen. Die hohen Ölpreise haben die unkonventionelle Ölförderung erst wirtschaftlich gemacht.

PRÄSENTATION 54: Reichweiten fossiler Energieträger (51 Folien)

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

Stand 2010 Ressourcen: 298 Mrd. t Reserven: 217 Mrd. t Förderung 2010: 4 Mrd. t Einheiten: [Mrd. t = Gt]

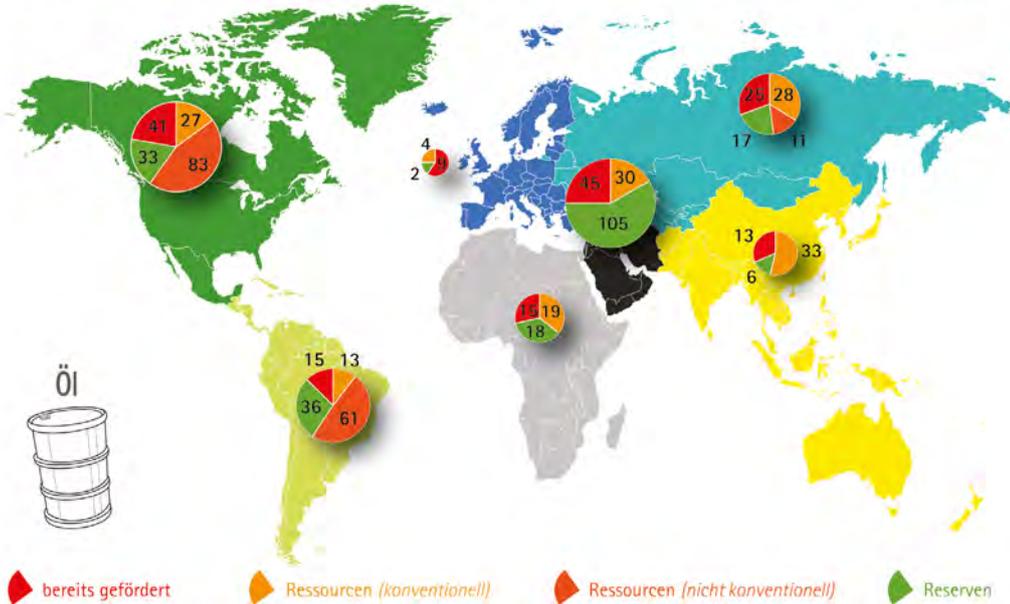


ABBILDUNG 61: Weltweite Ölvorkommen - QUELLE: Deutsche Rohstoffagentur, BP

Laut dem britischen Erdölkonzern BP wurden 2010 weltweit 7,7 Milliarden Tonnen Kohle gefördert, etwa 1 Milliarde davon in Form von Braunkohle. 27% des Weltenergiebedarfs werden mit Kohle gedeckt. Regionen mit großen Lagerstätten verbrauchen auch mehr Kohle, 2008 war allein China für etwa 43% des weltweiten Kohleverbrauchs verantwortlich. Die größten Vorkommen werden in den USA vermutet, dort werden 17% des Gesamtbedarfs an Kohle verwendet. In Österreich wird seit der Schließung des letzten Kohlebergwerks im Jahr 2005 keine Kohle mehr gefördert, die Importabhängigkeit für Kohle beträgt

dadurch 100%. 10% des heimischen Energiebedarfs werden mit Kohle gedeckt. 1% davon wird von den Haushalten verbraucht; 60.000 österreichische Haushalte heizen noch immer mit Kohle. 2004 hat BP die Reichweite von Kohle mit 164 Jahren errechnet, 2006 lag der dieser Wert nur noch bei 147 Jahren. Das Beispiel zeigt die Auswirkung des steigenden Verbrauches auf die errechneten Reichweiten. Angesichts der Höhe des menschlichen Energiebedarfes zeigt sich, dass die Endlichkeit von Erdöl und Erdgas nicht durch den Einsatz von Kohle kompensiert werden kann. Auch die Nutzung von Uran kann dies nicht bewerkstelligen.

Stand 2010 Ressourcen: 21358 Mrd. t Reserven: 1004 Mrd. t Förderung 2010: 7,5 Mrd. t Einheiten: [Mrd. t = Gt]

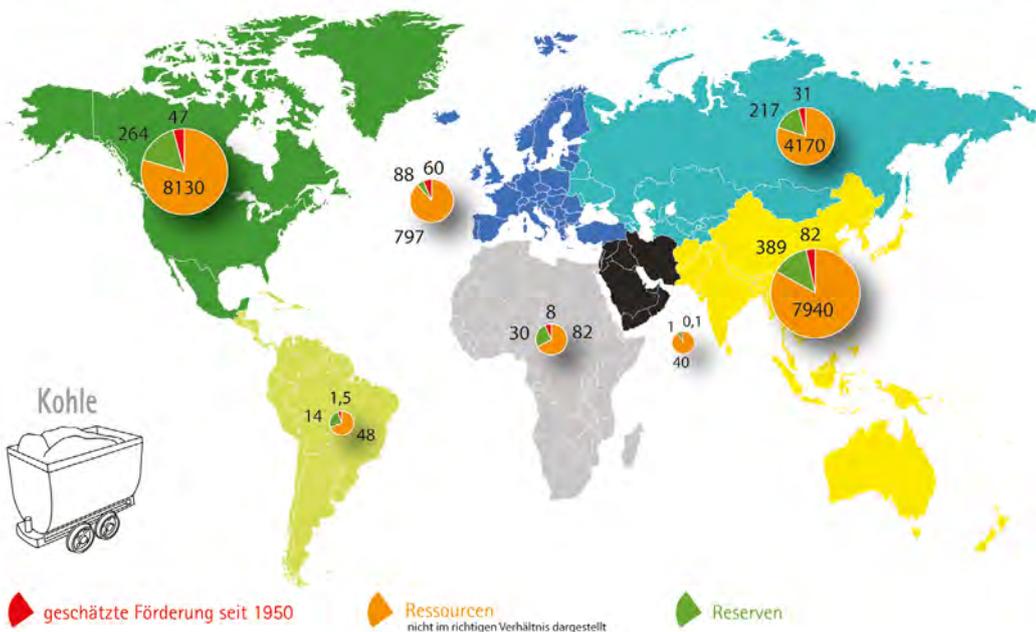


ABBILDUNG 62: Weltweite Kohlevorkommen - QUELLE: Deutsche Rohstoffagentur, BP

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

Bis 2030 wird in der EU ein Rückgang der Gasförderung um zwei Drittel erwartet. Für die europäische Gasversorgung könnte daher Russland künftig eine Schlüsselposition einnehmen, allerdings stellt sich angesichts der Ukraine-Krise 2014 die Frage, inwiefern Russland als zuverlässiger Energieversorger der EU-Staaten angesehen werden kann. Experten erwarten zudem, dass Russlands Exporte nicht mehr gesteigert werden können. Ein großer Teil der verbleibenden Gasreserven liegt in Feldern, die ihr Fördermaximum überschritten haben, ein weiterer Teil in kleinen Feldern abseits der Transportinfrastruktur. Die noch

nicht erschlossenen großen Gasfelder liegen alle weiter östlich oder nördlich. Dort sind die Umweltbedingungen schwieriger, die Transportwege Richtung Europa länger und die sommerliche Arbeitsphase ist wesentlich kürzer als in südlicheren Regionen. Dies bedingt lange Erschließungszeiten und hohe Kosten. Es ist wahrscheinlich, dass potenzielle Lieferstaaten wie Turkmenistan oder der Iran das Erdgas lieber höchstbietend nach Asien verkaufen. Zudem sind die Transportwege nach China wesentlich kürzer als nach Europa.

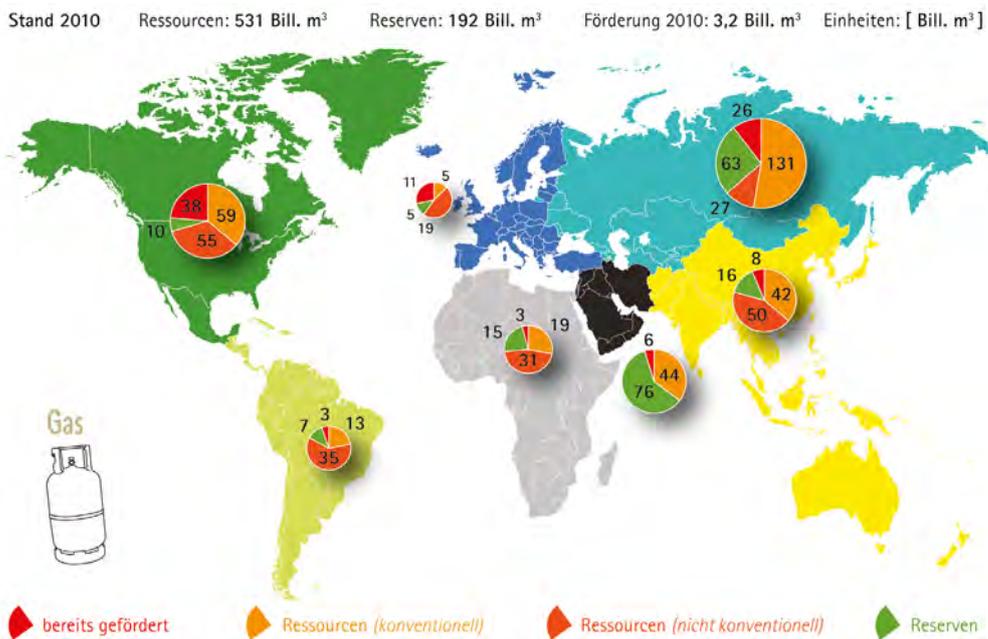


ABBILDUNG 63: Weltweite Erdgasvorkommen - QUELLE: Deutsche Rohstoffagentur, BP

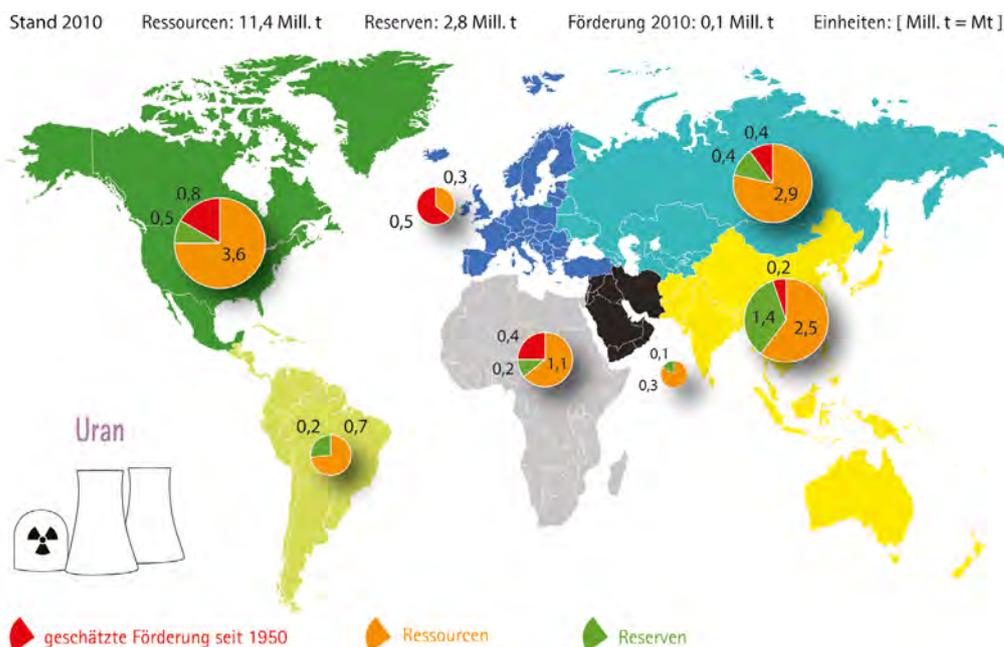


ABBILDUNG 64: Weltweite Uranvorkommen - QUELLE: Deutsche Rohstoffagentur, BP

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

Laut dem Post Carbon Institute müsste man 10.000 neue Kernkraftwerke bauen, um den globalen Bedarf von Öl, Gas und Kohle durch Atomkraft decken zu können. Die globalen Uranreserven wären so in zehn bis 20 Jahren aufgebraucht. Allein der jährliche Weltölbedarf entspricht der Energie des Stroms, der durch 52 Kernkraftwerke über eine Laufzeit von 50 Jahren erzeugt wird.

Zu alarmierenden Ergebnissen kommt eine Studie der Energy Watch Group, einer Vereinigung von Wissenschaftlern, die sich mit der Vorhersage über die künftige Energieversorgung beschäftigt. Das Ergebnis dieser Studie besagt, dass bereits im Jahr 2017 das Fördermaximum für sämtliche fossile Energieträger überschritten sein wird.

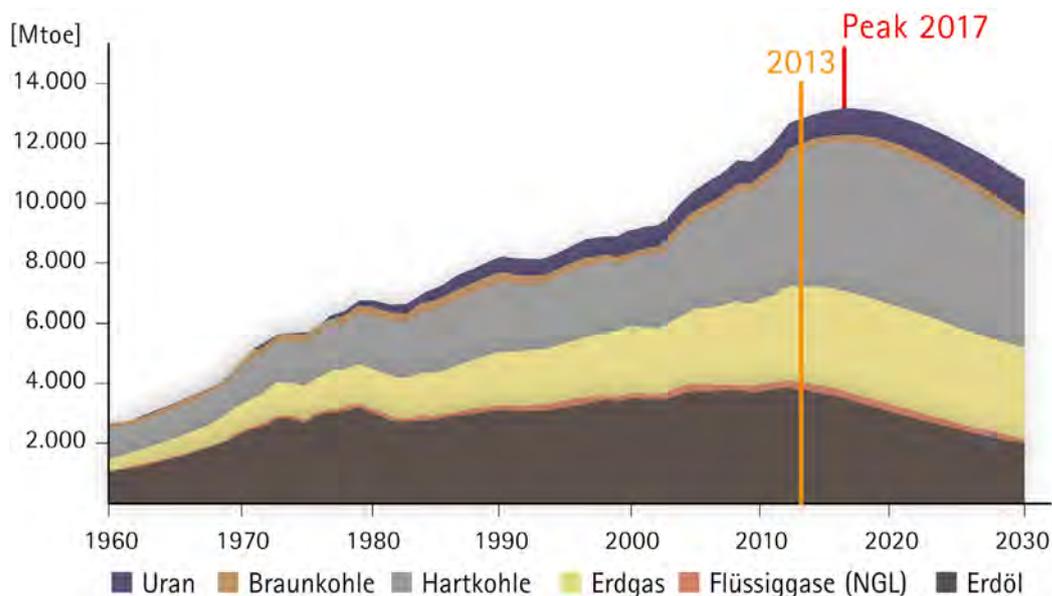


ABBILDUNG 65: Weltweite Förderung der fossilen Energieträger - QUELLE: Energy Watch Group

Die Prognosen der Internationalen Energieagentur sind für ihre viel zu optimistische Einschätzung der unkonventionellen Erdölvorkommen unter Kritik geraten. In jedem der vergangenen Jahre musste die IEA ihre Vorhersagen zur weltweiten Ölförderung nach unten korrigieren. Sie näherte sich dabei immer mehr den Prognosen der Energy Watch Group an. Die IEA kam 2010 in ihrem World Energy Outlook zum Schluss, dass der Peak Oil für Erdöl produzierende Felder bereits im Jahr 2006 erreicht wurde.

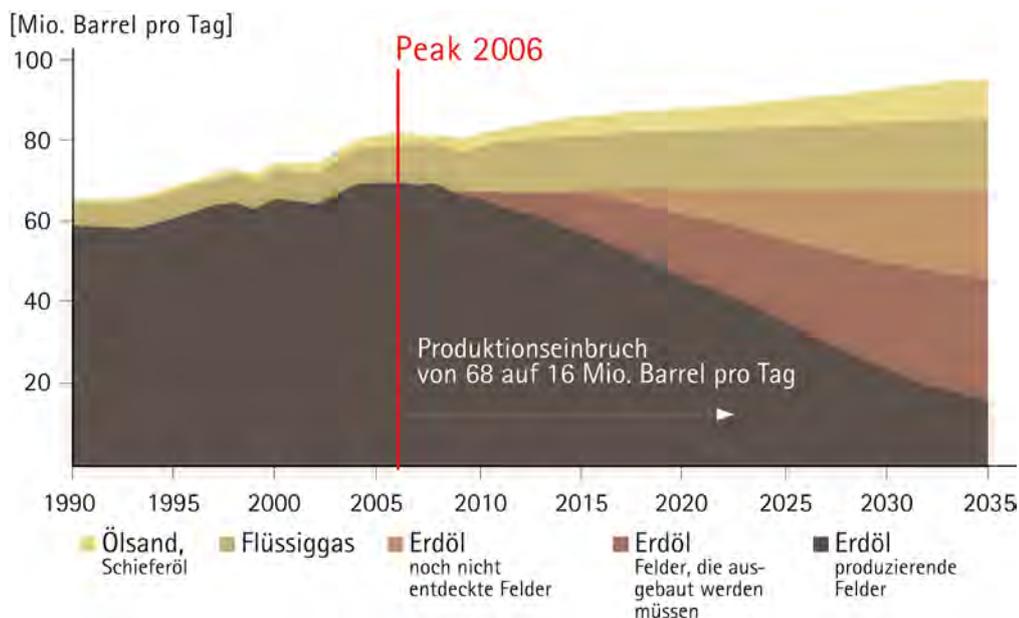


ABBILDUNG 66: Peak Oil produzierender Ölfelder bereits 2006, Prognose der IEA für die täglichen Fördermengen flüssiger Rohstoffe - QUELLE: IEA

VIDEO 7: Building Resilience Now, the Post Carbon Institut (engl. 3 min)



# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

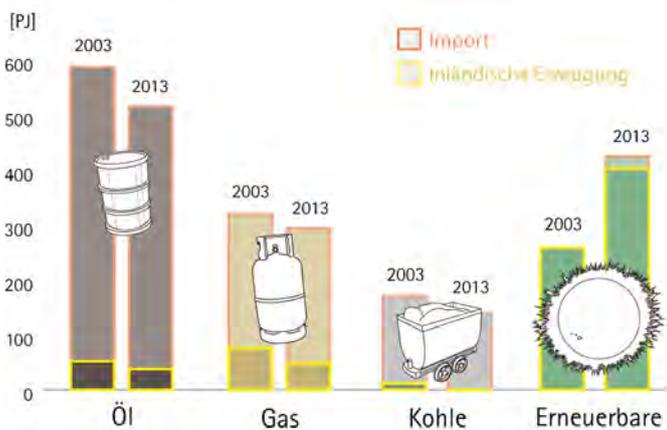


ABBILDUNG 67: Importabhängigkeit und inländische Erzeugung bei Energieträgern in Österreich 2003 und 2013 – QUELLE: Statistik Austria

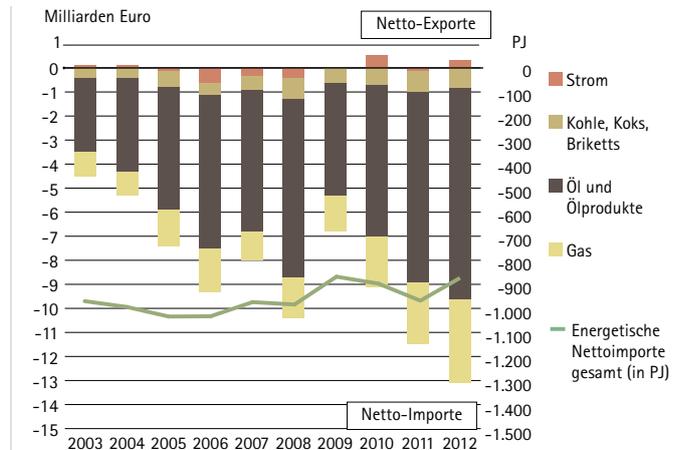


ABBILDUNG 68: Energieaußenhandelsbilanz Österreichs 2003 bis 2012  
QUELLE: Statistik Austria

### 2.3 Abhängigkeit und Konfliktpotenzial

Etwa zwei Drittel des österreichischen Energiebedarfs werden überwiegend in Form von Öl, Gas und Kohle importiert. Daraus ergibt sich für das Jahr 2012 ein Netto-Importvolumen von 12,8 Milliarden Euro. Im Jahr 2003 lag dieser Wert noch bei 4,4 Milliarden Euro. Der Großteil des Defizits 2012 entfiel mit 8,8 Milliarden Euro auf Erdöl und Erdölzeugnisse – dies entspricht einer Verdreifachung gegenüber 2003. Die importierten Erdölmengen sind in diesem Zeitraum sogar um 15% gesunken! In Österreich stammen diese Produkte zu über 90% aus politisch instabilen Ländern wie Kasachstan, Nigeria, dem Irak und Libyen; die kurzfristige Versorgungssicherheit muss hier infrage gestellt werden. Für die letzten drei Jahre weist die österreichische Außenhandelsbilanz im Bereich Brennstoffe und Energie jährlich ein Minus von acht bis 13 Milliarden Euro aus. Österreich wandte also im Durchschnitt in den Jahren 2008 bis 2010 netto rund elf Milliarden Euro pro Jahr für den Import von Öl, Gas und Kohle auf. Österreichs Abhängigkeit von Importen betrug im Jahre 2013 für Erdöl 93%, für Erdgas 84% und für Kohle 100%.

Der Rückgang des Angebotes und die wachsenden Kosten für die Gewinnung fossiler Energieträger führen zu einer Erhöhung der Energiepreise. Der weltweit steigende Energiebedarf bedingt eine ständig steigende Nachfrage, die sich ebenfalls auf den Anstieg der Energiepreise auswirkt. Die Problematik der Abhängigkeit wird sich durch diese Marktentwicklung zunehmend verschärfen. Nur die Energiewende hin zu erneuerbaren Energieträgern kann diese Abhängigkeiten, die ganze Volkswirtschaften betreffen, vermindern. Auch kurzfristige Engpässe können zu Preisanstiegen führen und damit das gesamte Wirtschaftsgeschehen beeinflussen. Um in einem Krisenfall die heimische Wirtschaft vor einem Zusammenbruch zu bewahren, werden fossile Energieträger für bestimmte, meist gesetzlich vorgeschriebene Zeiträume gebunkert.

Die Versorgungssicherheit ist auch stark vom politischen und militärischen Geschehen abhängig. Die erste Ölkrise wurde 1973 ausgelöst, als die OPEC die Fördermengen bewusst um 5% drosselte. Infolgedessen stieg der Ölpreis um etwa 70% an, die Auswirkung auf die Volkswirtschaften in den Importländern waren tiefgreifend. Dieses Embargo sollte die westlichen Länder wegen ihrer politischen Unterstützung Israels während des Jom-Kippur-Krieges unter Druck setzen. Der Krieg zwischen dem Iran und dem Irak in den 1980er-Jahren trieb die Ölpreise weiter in die Höhe. Auch militärische Interventionen der westlichen Mächte haben die Ölpreise beeinflusst. Die Preissprünge 2011 sind auf die Proteste der Bevölkerung in der arabischen Welt im Zuge des Arabischen Frühlings und auf den Bürgerkrieg in Libyen zurückzuführen. Auch die Angriffe der radikalislamischen IS-Milizen im Irak und in Syrien 2014 hatten Auswirkungen auf den Ölpreis.

Da die Reserven nicht nur mengenmäßig begrenzt, sondern auch geographisch sehr konzentriert auftreten, werden die Gebiete mit hohem Vorkommen zum Spielfeld globaler Machtkämpfe. Der gesicherte Zugang zu fossilen Brennstoffen und die Möglichkeit, die Preise zu beeinflussen, garantieren eine strategische Vormachtstellung. Von offizieller Seite wurden die militärischen Interventionen der USA gegen Saddam Hussein und den Irak mit der Bedrohung der westlichen Welt durch Massenvernichtungswaffen begründet. Massenvernichtungswaffen wurden im Irak bis heute keine gefunden.

Auch der Verlauf von Pipelines, die zum Transport von Öl und Gas dienen, haben in der Vergangenheit oft zu Streitigkeiten geführt. Viele Rohstoffvorkommen sowie Pipelines befinden sich in politisch instabilen Regionen.

Weiter mit: „2 Internationale Klimapolitik“ K: 5, S: 159

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger



ABBILDUNG 69: Entwicklung von Rohölpreis und Lebensmittelpreisindex 1970 bis 2010 - QUELLE: IEA, IATRC, AEE, Index Mundi, IMF

12

### TEXT 12: Der Standard: „Beim Ölpreis ist noch Luft nach unten“ (1 Seite)

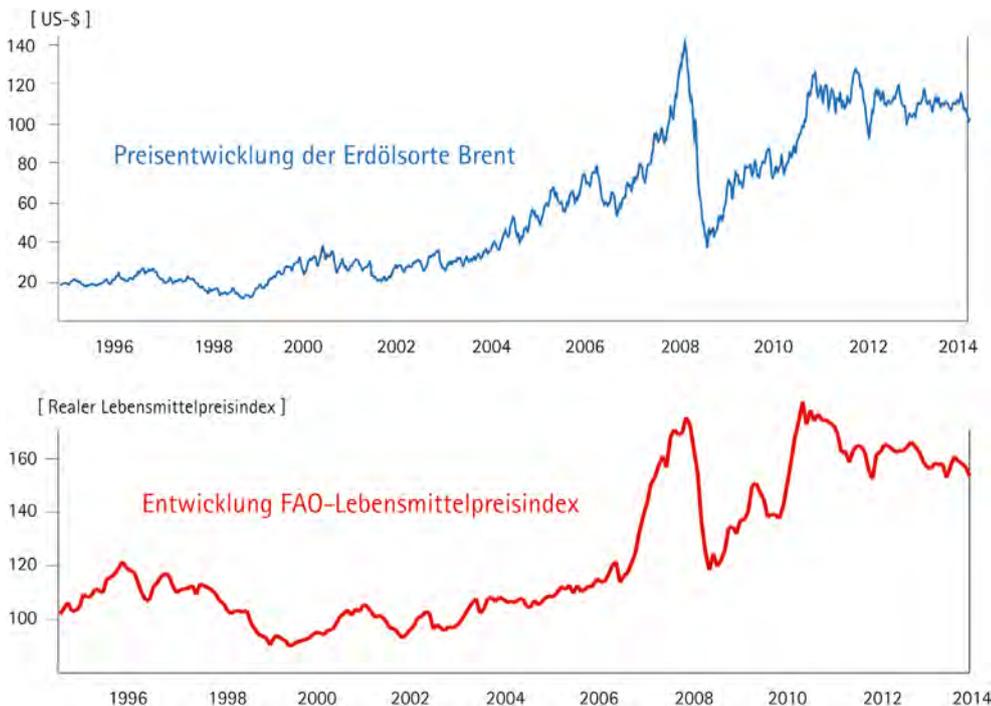


ABBILDUNG 70: Entwicklung der Rohölsorte Brent und des FAO-Lebensmittelpreisindex 1995 bis 2014 - QUELLE: IEA, Österreichischer Biomasseverband

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

### 2.4 Kosten der militärischen Energiesicherung



„Es ist traurig, dass es politisch unbequem ist, zuzugeben, was ohnehin jeder weiß: Beim Irakkrieg geht es zum Großteil ums Öl. Prognosen zur globalen Versorgung und Nachfrage, die das gefährliche Umfeld im Mittleren Osten außer Acht lassen, übersehen einen Koloss, der das Wachstum der Weltwirtschaft zum Stillstand bringen könnte.“

„ Alan Greenspan, von 1987 bis 2006 Vorsitzender der US-Notenbank “

ABBILDUNG 71: Alan Greenspan - BILD: Bureau of Engraving and Printing

Militärische Maßnahmen und Interventionen zur Sicherung der Energieversorgung, insbesondere mit Erdöl, sind mit beträchtlichen Kosten verbunden, die nicht in den Energiepreisen abgebildet sind. Als exemplarischer Hinweis, dass es eine enge Verbindung zwischen militärischen Strategien und der globalen Sicherung von Förderstätten und Versorgungswegen gibt, mag ein Statement des früheren Vorsitzenden der US-Notenbank, Alan Greenspan, dienen.

Die Ermittlung der Kosten für die militärische Sicherung der Energieversorgung ist nur eingeschränkt möglich, da derartige Maßnahmen in den Militärbudgets naturgemäß nicht spezifiziert werden.

Die in einschlägigen Studien ausgewiesenen Größenordnungen zeigen aber, dass die Internalisierung dieser Kosten in die Erdölpreise spürbare Auswirkungen hätte – und zwar nicht nur aufgrund der Aufwände für konkrete Kriegseinsätze in und entlang der Peripherie der strategischen Energieellipse, sondern auch infolge der Kosten der „Basissicherung“. Über 70% der gesicherten weltweiten Ölreserven und über 40% der Gasvorräte befinden



ABBILDUNG 72: US-amerikanische Kriegsschiffe im Einsatz - BILD: NAVY

sich in der Region um den Persischen Golf und am Kaspischen Meer.



ABBILDUNG 73: Die strategische Energieellipse - QUELLE: Kemp, Harkavy

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

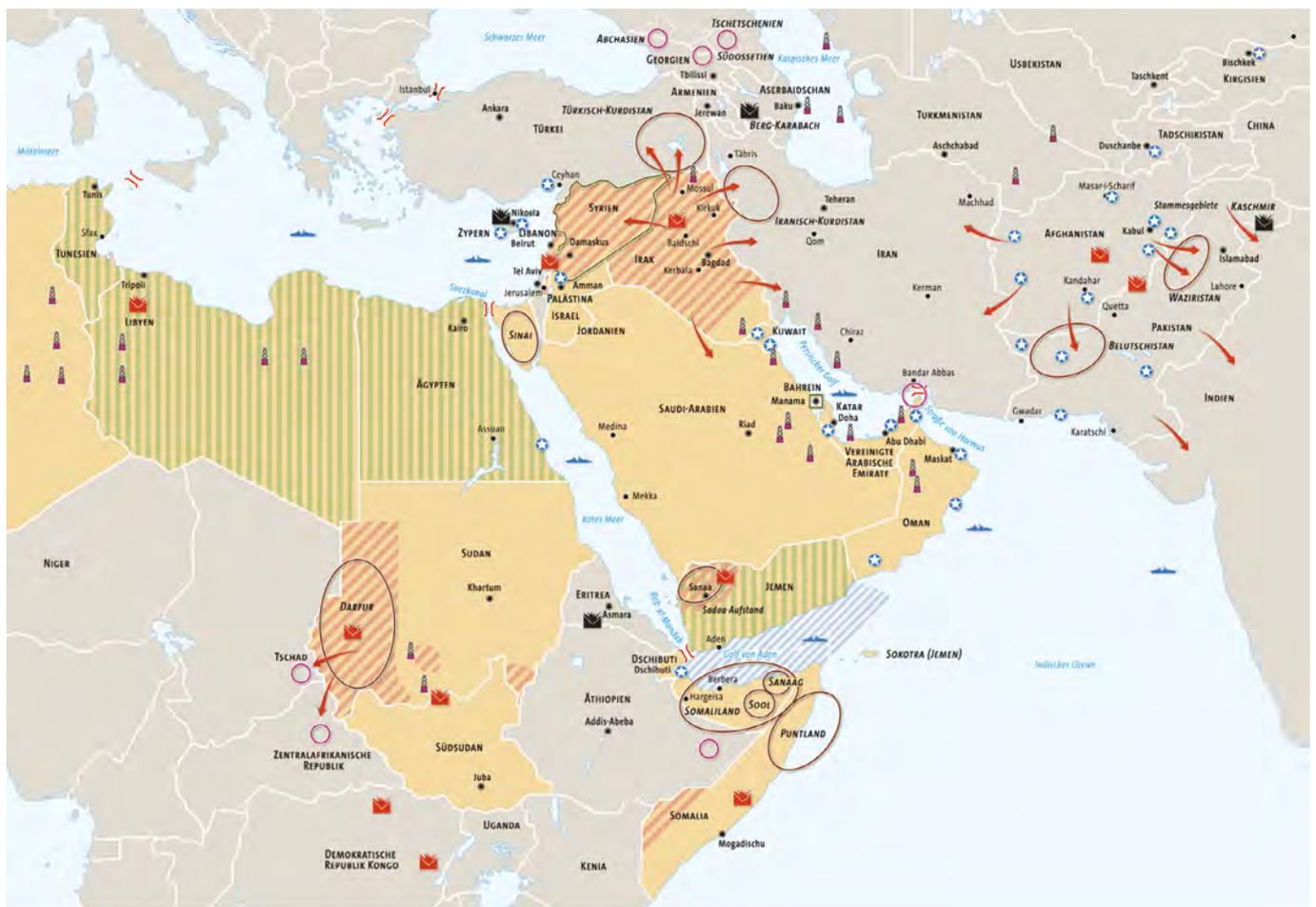
## Problematik der Nutzung fossiler Energieträger

Exemplarisch sollen dafür folgende Studienergebnisse angeführt werden: Ökonomie-Nobelpreisträger Joseph E. Stiglitz und Harvard-Budgetexpertin Linda Bilmes schätzten die Kosten des Irakkriegs im Jahr 2008 auf mindestens 3.000 Milliarden US-Dollar; im Jahr 2010 erhöhten sie diese Schätzung um 25 %. Darin enthalten sind öffentliche Ausgaben und die Kosten für die Folgen für die US-Wirtschaft im Zuge höherer Ölpreise.

Roger Stern von der Princeton University ermittelte für die „Basisicherung“ – primär durch Flugzeugträger – im Persischen Golf im Zeitraum von 1976 bis 2007 Kosten von 7.300 Milliarden US-Dollar. Vereinfacht gerechnet ergibt das durchschnittliche

jährliche Kosten von rund 230 Milliarden US-Dollar. Stellt man dieser Zahl den Etat des U.S. Defense Departments für 2009 mit 662 Milliarden US-Dollar gegenüber, zeigt sich der hohe Stellenwert der „militärischen Energiesicherung“ im Aufgabenportfolio der US-Armee.

Anita Dancs vom Western New England College schätzt die Kosten für die militärische Sicherung der Erdölströme inklusive Irak für das Jahr 2010 auf 166 Milliarden US-Dollar. Hinzuzufügen ist, dass sich – zwar in geringerem Umfang – auch andere Staaten an der militärischen Sicherung der globalen Energie- bzw. Erdölinfrastrukturen beteiligen.



**Brennpunkte der Instabilität**

- offene Konflikte
- eingefrorene Konflikte
- Staaten oder Teilgebiete in Kriegszustand (Zerfallstendenzen, tägliche Gewaltakte, begrenzte Kontrolle der Zentralregierung)
- Krisenausbreitung und Gewaltexport
- Gebiet, das von der Zentralgewalt nicht oder nur teilweise kontrolliert wird
- Konfliktzone

- arabische Welt
- gestürzte Diktatur
- Widerstandsbewegung und repressives Regime
- durch Marokko völkerrechtswidrig besetzt
- Aktionsgebiet von Piraten
- Erdöl- und Erdgasförderung
- strategisch wichtige Meerengen und Kanäle

**US-amerikanische und britische Militärpräsenz**

- Militärstützpunkte
- Flottenstützpunkte oder Flugzeugträger

ABBILDUNG 74: Öl- und Gasvorkommen, Pipelineverläufe und Krisenherde - QUELLE: Le Monde Diplomatique

PRÄSENTATION 55: Abhängigkeiten und Konfliktpotenzial (44 Folien)

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

### 3 DIE FOSSILEN ENERGIETRÄGER

#### 3.1 Erdöl

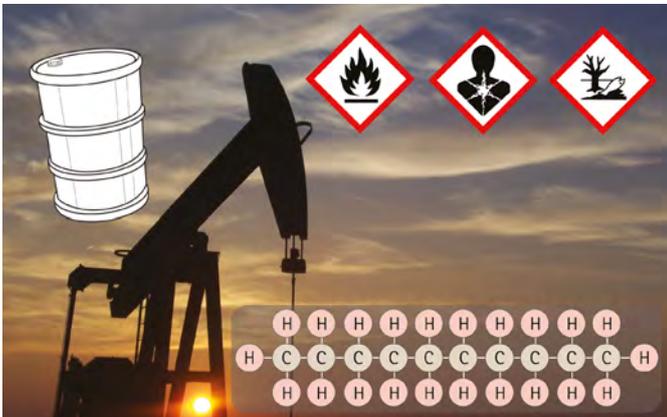


ABBILDUNG 75: Rohöl - BILD: Eric Kounce

Erdöl ist ein Stoffgemisch, das hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen besteht. Es ist in der Erdkruste eingelagert und durch geologische Vorgänge aus tierischen Überresten entstanden. Unverarbeitet wird es als Rohöl bezeichnet, seine Dichte schwankt zwischen 0,8 bis 1 kg pro Liter. Durch Raffination wird das Rohöl gereinigt und in verschiedene Bestandteile zerlegt. Für nahezu alle Produkte, die durch die Raffination entstehen, gibt es eine Verwendung. (Der Energiegehalt von durchschnittlichem Heizöl beträgt etwa 41,9 MJ/kg.)

Die meisten bekannten Erdölvorkommen liegen zwischen 500 und 3.000 Meter tief unter der Erde. Etwa 20% der weltweiten Ölreserven befinden sich unter dem Meer, in Europa gilt dies für 90% der Ölreserven. Etwa ein Drittel der globalen Erdölförderung erfolgt Offshore (im Meer), dabei werden Bohrinseln und -schiffe bei Wassertiefen bis 3.500 Metern eingesetzt. Die Gesamttiefe in Bezug zum Meeresspiegel ist damit bei Offshore-Bohrungen um ein Vielfaches größer als bei Öllagerstätten am Festland. Aufgrund des wachsenden Ölbedarfs muss immer tiefer gebohrt werden, um die noch vorhandenen Lagerstätten zu erschließen. Je tiefer gebohrt wird, umso energieintensiver wird die Förderung. Dadurch erhöhen sich die Belastungen für Klima und Umwelt. Auch die Risiken bei der Erschließung im Meer liegender Lagerstätten steigen, je tiefer man dabei vordringt.

Fast überall auf der Erde befinden sich unter der Erde natürliche radioaktive Stoffe wie Radium 226. Durch die Bohrungen nach Öl oder Gas sowie bei der Förderung von Kohle entstehen Schlämme und Abwässer, die an die Oberfläche befördert werden. Die Internationale Atomenergiebehörde gab bekannt, dass diese Abfälle bis zu 450 Mal höher belastet sind als normale Böden oder Gestein. Das durch diese Abfälle an die Oberfläche gelangende Radium 226 hat eine Halbwertszeit von 1.600 Jahren.

Weiter mit: „2.5.2 Entstehung von Erdöl und Erdgas“ K: 6, S: 204



ABBILDUNG 76: Teersandabbau in Kanada - BILD: Garth Lenz

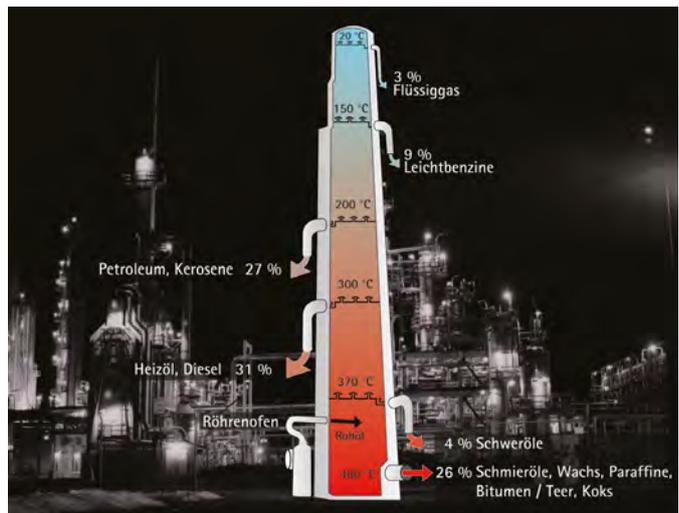


ABBILDUNG 77: Erdölraffinerie und Produkte

QUELLE: Gary/ Handwerk - BILD: Erica Joy

Durch unsachgemäße Lagerung kann es in die Nahrungskette und damit in den menschlichen Körper gelangen und schwerwiegende Gesundheitsschäden verursachen.

Es bestehen auch Öllagerstätten, bei denen das Öl in Sand (Ölsande) oder Gestein (Ölschiefer) eingelagert ist. Bis vor einigen Jahren war es unrentabel, Ölschiefer-Vorkommen zu erschließen, um daraus Erdöl zu gewinnen. Die Gewinnung und Weiterverarbeitung ist kostspielig und verursacht einen enormen Wasser- und Flächenverbrauch. Das Verfahren ist zudem sehr energieintensiv. Das gewonnene Rohöl macht nur etwa ein Fünftel der Fördermenge aus. Der Rest besteht aus Sand, Ton und verschmutztem Wasser. Die Abwässer, die bei der Trennung des Rohfördermaterials anfallen, sind so giftig, dass sie in riesigen Auffangbecken gesammelt und entsorgt werden müssen.

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger



ABBILDUNG 78: Flächenverbrauch von Teersandabbau, Alberta, Kanada, entlang des Athabasca River, Juli 1984 - BILD: NASA



ABBILDUNG 79: Flächenverbrauch von Teersandabbau, Alberta, Kanada, entlang des Athabasca River, Mai 2011 - BILD: NASA

Nach einer Studie von OSPAR (ein völkerrechtlicher Vertrag zum Schutz der Nordsee und des Nordostatlantiks) gelangten im Jahr 2010 fast 5.000 Tonnen Öl allein durch den Alltagsbetrieb und kleinere Pannen in die Nordsee. Neben den Schäden, die direkt durch die Förderung entstehen, haben kleine und große Unfälle entlang der Produktkette einen beachtlichen Anteil an der Umweltbelastung. Der Transport von Öl und Gas erfolgt haupt-

sächlich über Pipelines und Tankschiffe. Neben dem Energieverbrauch und den dabei entstehenden Emissionen fallen dem Bau von Pipelines ganze Landstriche zum Opfer. Auf dem Weg zum Verbraucher kommt es immer wieder zu folgenschweren Unfällen für die Umwelt. Laut Greenpeace passieren in Russland jährlich tausende Pipelinebrüche. Dabei treten hunderttausende Liter Öl aus und verseuchen sibirische Böden und Gewässer.

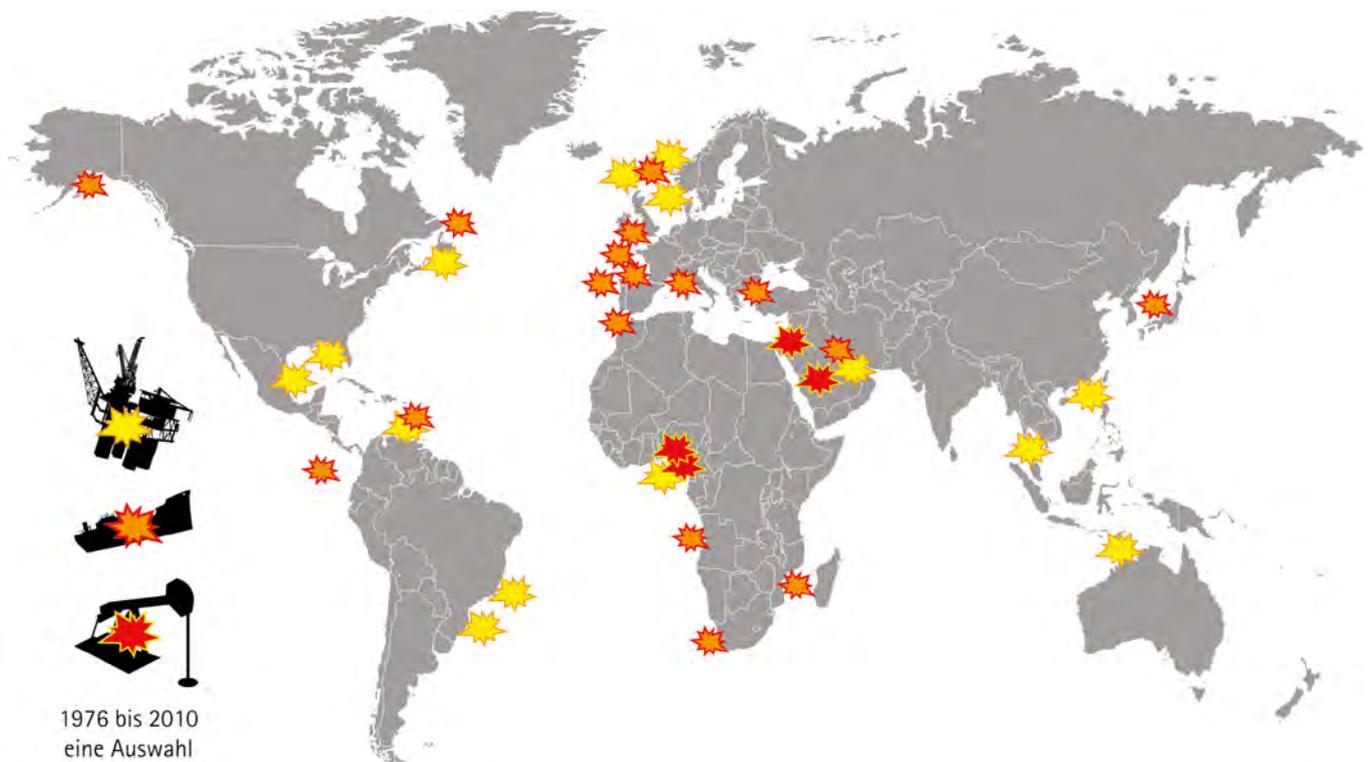


ABBILDUNG 80: Havarierte Tanker, Unfälle auf Bohrplattformen und andere Ölkatastrophen - QUELLE: ARTE, Le Monde Diplomatique, Greenpeace

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

Der Betrieb von Bohrplattformen ist mit besonders hohen Risiken verbunden, wie die jüngste Katastrophe 2010 im Golf von Mexiko gezeigt hat. Mehrere 100 Millionen Liter Öl sind dabei ausgetreten und haben eine verheerende Ölpest verursacht. Die

Aufräumarbeiten dauerten über ein Jahr. Mehr als vier Jahre nach der Katastrophe sind die endgültigen Auswirkungen auf Mensch und Natur immer noch nicht absehbar. Die Kosten der Ölpest summieren sich inzwischen auf 42,7 Milliarden US- $\text{\$}$ .



ABBILDUNG 81: Explosion der „Deepwater Horizon“ im Golf von Mexiko im April 2010 - BILD: US Coast Guard

ABBILDUNG 82: Der ausgetretene Ölteppich im Golf von Mexiko nach Explosion der „Deepwater Horizon“ - BILD: US Coast Guard, NASA



ABBILDUNG 83: Durch ausgetretenes Erdöl verseuchte Wälder in Sibirien  
BILD: Greenpeace

ABBILDUNG 84: Ölbrand in Sibirien - BILD: Greenpeace



ABBILDUNG 85: Durch gebrochenen Bohrkopf austretendes Öl - BILD: Elizabeth Bordelon, Greenpeace

ABBILDUNG 86: Havariertes Öltanker - BILD: Elizabeth Bordelon, Greenpeace

TEXT 32: Die Zeit: Ökokatastrophe im Golf von Mexiko (5 Seiten)

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

### 3.2 Kohle

Kohle ist der Überbegriff für pflanzliche Überreste, die durch das natürliche Verfahren der Inkohlung zu kohlenstoffhaltigem Sedimentgestein werden. Je länger der Prozesses dauert, desto höher wird der Anteil an Kohlenstoff und desto hochwertiger ist die Kohle.

Braunkohle hat einen Kohlenstoffgehalt von 65 bis 75%, der Heizwert variiert zwischen 7 und 13 MJ/kg. Ist der Kohlenstoffgehalt höher als 75%, spricht man von Steinkohle. Die Heizwerte von Steinkohle liegen zwischen 32 und 35 MJ/kg. Das Ende der Inkohlung ist erreicht, wenn Kohlenstoff in seiner reinen Form als Mineral, nämlich als Graphit, vorliegt. Graphit wird nicht mehr zur Kohle gezählt. Der Schwefelgehalt von Steinkohle liegt bei etwa 1%, der von Braunkohle variiert stärker und kann bis zu 3% ausmachen.

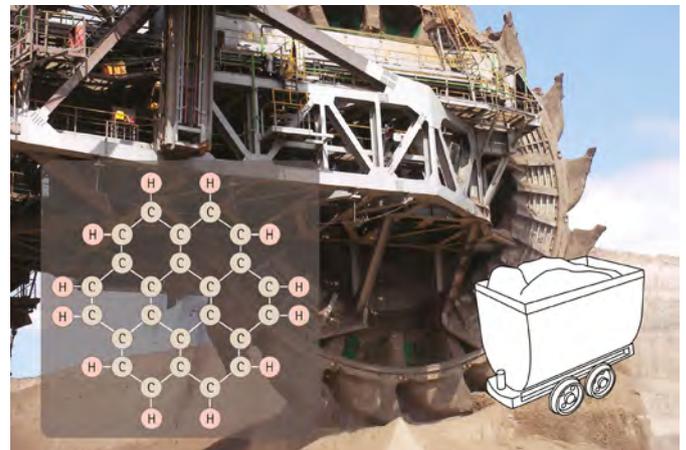


ABBILDUNG 87: Kohle - BILD: Martin Roell

| Kohleart      | Inkohlung          | Kohlenstoffgehalt [%] | Wasserstoffgehalt [%] | Sauerstoffgehalt [%] | Heizwert [ MJ / kg ] |
|---------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Braunkohle    | niedrig            | 65 - 75               | 8,0 - 5,5             | 30 - 12              | 7 - 13               |
| Steinkohle    |                    | 75 - 81               | 6,5 - 5,8             | > 9,8                | < 32                 |
| Flammkohle    |                    | 81 - 85               | 5,8 - 5,6             | 9,8 - 7,3            | 33 - 34,2            |
| Gasflammkohle |                    | 85 - 87,5             | 5,6 - 5,0             | 7,3 - 4,5            | 33,9 - 34,8          |
| Gaskohle      |                    | 87,5 - 89,5           | 5,0 - 4,5             | 4,5 - 3,2            | 34,5 - 35,6          |
| Fettkohle     |                    | 89,5 - 90,5           | 4,5 - 4,0             | 3,2 - 2,8            | 35,2 - 35,6          |
| Esskohle      |                    | 90,5 - 91,5           | 4,0 - 3,7             | 2,8 - 2,5            | 35,3 - 35,5          |
| Magerkohle    |                    | hoch                  | > 91,5                | < 3,7                | < 2,5                |
| Anthrazit     | Ende der Inkohlung | 100                   | 0                     | 0                    | 32,8                 |
| Graphit       |                    |                       |                       |                      |                      |

ABBILDUNG 88: Inkohlung - QUELLE: Verband des deutschen Steinkohlebergbaus

Koks aus Kohle wird insbesondere als Brennstoff und als Reduktionsmittel bei der Eisenproduktion in Hochöfen eingesetzt. Steinkohle selbst ist dazu nicht geeignet, da bei ihrer Verbrennung zu viel Schwefel, Ruß und Rauch frei werden. In einem Veredelungsprozess werden in Kokereien die flüchtigen Bestandteile der Kohle beseitigt. Bei der „Verkokung“ wird der in Kohle enthaltene Schwefel entfernt, da er bei der Erzeugung von Eisen und Stahl zu Verunreinigungen führen würde. In einem Ofen wird die Kohle unter Luftabschluss auf mehr als 1.000 °C erhitzt, sodass der feste Kohlenstoff und die verbleibende Asche miteinander verschmelzen. Bei der Verbrennung von Koks entstehen keine sichtbaren Rauchgase oder Ruß.

Kohle kann durch chemische Prozesse zu flüssigen Kohlenwasserstoffen verarbeitet werden. Mit den so gewonnenen Kraftstoffen können Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren betrieben werden. Da die Kohleressourcen deutlich größer sind als die von Erdöl, wird damit spekuliert, Treibstoffe aus Kohle einzusetzen, sobald

die Erdölressourcen aufgebraucht sind. Eine langfristige Nutzung von fossilen Brennstoffen ist aber aus Klima- und Umweltschutzgründen untragbar. Braunkohle wird meist im Tagebau gefördert, die Vorkommen liegen in der Regel 30 bis 300 Meter unter der Erdoberfläche. Steinkohle kommt meist zu tief vor, als dass sie im kostengünstigeren Tagebau gefördert werden könnte. Je tiefer die Kohlevorkommen liegen, desto kostenintensiver wird ihre Förderung. Neben einem horrenden Energiebedarf mit entsprechenden Treibhausgasemissionen werden Unmengen an Wasser für das Waschen der Rohkohle benötigt. Der Förderung durch Tagebau fallen ganze Landstriche zum Opfer. Sie führt in hohem Maß zu Bodenerosion und sinkenden Grundwasserspiegeln. Der Staub, der durch den Abbau und Transport entsteht, verschmutzt Gewässer und schädigt Pflanzen, Tiere und Menschen. In aufstrebenden Industrieländern, wie Indien und China, werden die Bestimmungen zum Umweltschutz weniger streng exekutiert als in westlichen Industrienationen. Aber selbst China hat sich vorgenommen, bis 2015 350 Millionen Tonnen Kohle einzusparen.

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger



ABBILDUNG 89: Flächenverbrauch Mountaintop Mining in West Virginia 1984  
BILD: NASA

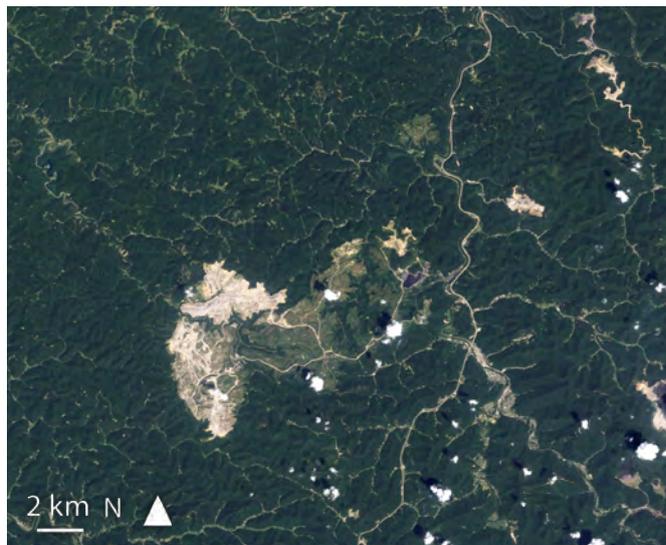


ABBILDUNG 90: Flächenverbrauch Mountaintop Mining in West Virginia 2010  
BILD: NASA



ABBILDUNG 91: Kohlekraftwerk mit Tagebau - BILD: Mike Bowers

Durch Unfälle in der Produktkette können Belastungen in hohem Ausmaß auftreten. In den USA kam es 2008 zum Austritt von 4 Milliarden Litern Asche aus einem Kohlekraftwerk bei Kingston. Die mit Quecksilber und anderen giftigen Chemikalien hoch belastete Asche gelangte in weiterer Folge in den Emory River.

Kohlekraftwerke produzieren hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie zum Teil giftige Luftschadstoffe und Feinstaub. Eine Studie der Clean Air Task Force ging in den USA für das Jahr 1920 von 13.000 Todesfällen aus, die durch die Emissionen von Kohlekraftwerken verursacht wurden. Die Kraftwerke verstärken den Wassermangel durch ihren Bedarf an Kühlwasser. Zuletzt bleiben noch die zum Teil krebserregenden und durch Schwermetalle verseuchten Abfälle, die nach den regional geltenden Bestimmungen entsorgt werden müssen.

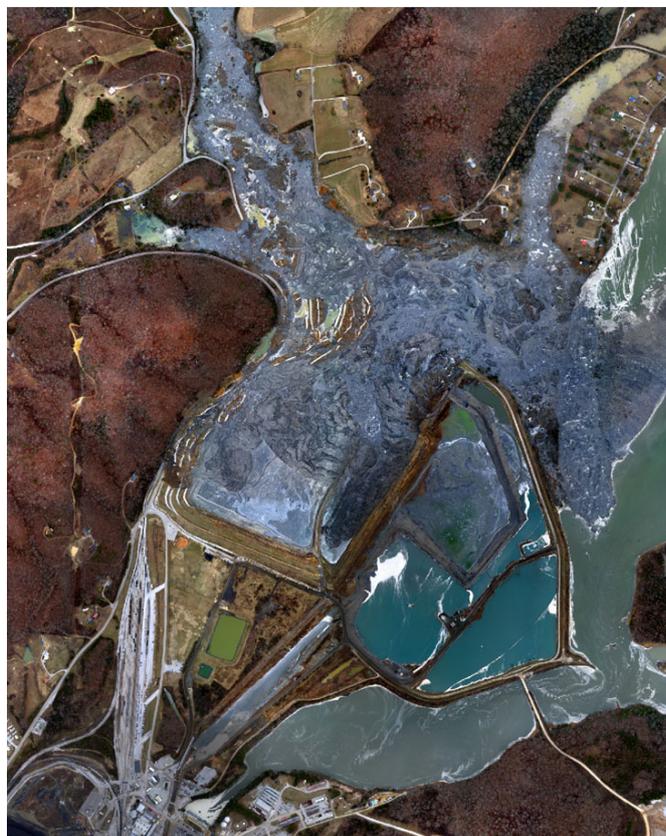


ABBILDUNG 93: Unfall in einer Kohlemine, Kingston/Tennessee im Jahr 2008  
BILD: Tennessee Valley Authority



ABBILDUNG 92: Kohleabbau Garzweiler Deutschland - BILD: Martin Röhl

Weiter mit: „2.5.1 Entstehung von Kohle“ K: 6, S: 203



# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

### 3.3 Erdgas



ABBILDUNG 94: Erdgas - BILD: IBERDROLA

Die chemische Zusammensetzung von Erdgas ist an jedem Fundort anders. Methan macht meistens den Hauptbestandteil des Erdgases aus. Auch andere gasförmige Kohlenwasserstoffe wie Ethan, Propan, Butan und Ethen kommen in unterschiedlichen Konzentrationen im Erdgas vor. Grundsätzlich wird zwischen Low-Gas- und High-Gas-Lagerstätten unterschieden. L-Gas besteht bis zu etwa 90%, H-Gas zu über 90% aus Kohlenwasserstoffen. Neben den Kohlenwasserstoffen können auch Schwefelwasserstoffe, Stickstoffe und Kohlendioxid enthalten sein, manchmal auch Schwefel und Quecksilber. Diese Stoffe werden von den Kohlenwasserstoffen getrennt, um Schäden an der Infrastruktur, wie zum Beispiel an den Pipelines, zu vermeiden. Erdgase können auch Helium als Anteil haben, dann gelten sie als besonders wertvoll, da sie die Hauptquelle der Heliumproduktion darstellen.

Erdgas tritt sehr häufig in Fundstätten gemeinsam mit Erdöl auf. Das Gas sammelt sich dabei oberhalb des Erdöls, wird gemeinsam mit ihm gefördert und getrennt von diesem verarbeitet und abtransportiert. Erdgas tritt auch in Kohleflözen auf und kann aus ihnen gefördert werden.

Es gibt auch Erdgasvorkommen, die sich in Gestein mit geringer Gasdurchlässigkeit ansammeln. Diese werden als unkonventionelle Vorkommen bezeichnet. Die steigenden Energiepreise begünstigen den Abbau unkonventioneller Vorkommen, deren Förderung um ein Vielfaches energieintensiver ist. Wie bei Erdöl liegt die Vermutung nahe, dass das globale Fördermaximum konventioneller Vorkommen von Erdgas überschritten ist.

#### PRÄSENTATION 58: Erdgas (9 Folien)

Seit einigen Jahren nimmt die Förderung von unkonventionellem Erdgas, insbesondere von solchem aus dichtem Schiefergestein – so genanntes „Shale-Gas“ (Schiefergas) – in den USA zu. Die Förderung von Gas aus Schiefergestein ist technisch sehr

aufwändig und teuer. Der gesamte Prozess ist extrem umweltbelastend, der Flächenverbrauch ist dabei sehr groß. Außerdem besteht eine direkte Grundwassergefährdung. Wie Satellitenaufnahmen zeigen, können in Fördergebieten tausende Quadratkilometer von einem Netz aus Straßen und Bohrplätzen überzogen sein. Die Fördergebiete reichen immer näher an Wohngebiete, was zu Konflikten mit der Bevölkerung führt. In Mitteleuropa sind derartige Verwüstungen der Landschaft undenkbar, solange die bestehenden Umweltgesetze auch nur annähernd eingehalten werden. In den USA wurde der großflächige Einsatz von Fracking – so nennt man die Abbaumethode von Schiefergas – erst durch Ausnahmen in Umweltschutzgesetzen möglich.

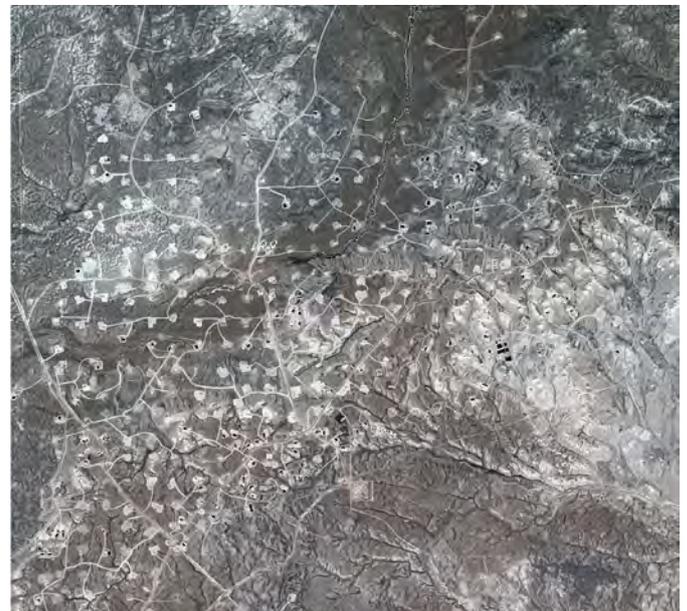


ABBILDUNG 95: Gasfeld in New Mexico, USA - BILD: eoVisions/USGS

Erdgas kann auch in Eis eingeschlossen sein; diese Vorkommen werden vor allem an Kontinentalrändern und in Permafrostböden erwartet. Seit der Klimaerwärmung geht das Eis am Nordpol zurück, womit ein Wettlauf auf die dort zu erwartenden Ressourcen begonnen hat.

! „Im Land der Blinden ist der Einäugige König.“

Erdgas wird oft als die sauberste fossile Energiequelle bezeichnet. Das Wort „sauber“ ist aber nur im Vergleich mit anderen noch schmutzigeren Brennstoffen zutreffend. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro GJ Heizwert ist im Vergleich zu Braunkohle zwar nur halb so groß, es gelangt aber letztendlich immer zusätzliches CO<sub>2</sub> aus der Erdkruste in die Atmosphäre, was bei der Nutzung erneuerbarer Energieträger nicht der Fall ist.



### 3.4 Uran, wichtigster Brennstoff der zivilen Atomenergienutzung

Weiter mit: „2.5 Die Beschaffenheit der Erde“ K: 7, S: 231



ABBILDUNG 96: Weltgrößte Uranmine in Namibia - BILD: Ikiwaner

Uran ist ein weiches Metall mit hoher Dichte und ist in der Natur nicht in Reinform, sondern nur in mineralischen Verbindungen zu finden. Uran kommt als Spurenelement in der Erdkruste vor, es gibt über 200 verschiedene Uranminerale. Die Komplexität der Bindung des Urans variiert genauso wie die Konzentration der Minerale in der Erdkruste und ist somit lokal sehr unterschiedlich. Je nach Lagerstätte erfolgt die Förderung mit unterschiedlicher Wirtschaftlichkeit und unterschiedlichen Techniken. Die typischen Abbaugelände liegen zwischen 100 und 2.000 Meter Tiefe.

Da Uran meist in Verbindung mit anderen Schwermetallen auftritt, sind Grubenwässer und Abfallprodukte aus dem Uranbergbau in hohem Maße verunreinigt. Es besteht die Gefahr, dass diese, sofern sie nicht ordnungsgemäß gelagert werden, in das Trinkwasser gelangen und erhebliche Schäden bei Menschen und Natur anrichten.

Für die Kernspaltung und den Einsatz zur Energieerzeugung eignen sich nur Isotope, die eine ungerade Neutronenzahl im Kern aufweisen, wie zum Beispiel das U 235. Uran besteht zu etwa 99 % aus dem Isotop U 238 und zu etwa 1 % aus dem Isotop U 235, weshalb der Gehalt des U 235 in technischen Anlagen angereichert wird. Leicht angereichertes Uran hat einen Anteil an U 235 von 2 % bis 4 % und wird für den Einsatz in Kernkraftwerken herangezogen. Hoch angereichertes Uran hat typischerweise einen Anteil von über 80 % und wird in der Medizin und zur Herstellung von Kernwaffen eingesetzt.

Entlang der gesamten Produktkette entstehen unterschiedlich stark kontaminierte Abfälle, die entsprechend ihrer Klassifizierung gelagert werden müssen. Nach Angaben der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) fallen durch die energetische Atomkraftnutzung jedes Jahr etwa 3.800.000 Tonnen leicht bis mittel radioaktiv kontaminierte Abfälle und 190.000 Tonnen hoch radioaktive Abfälle an.

! Bis 1994 durften schwach und mittelradioaktive Abfälle legal im Meer versenkt werden, die dadurch entstandenen Umweltschäden sind allerdings schlecht dokumentiert.



ABBILDUNG 97: Tschernobyl 1986 - BILD: APA/DPA



ABBILDUNG 98: Fukushima 2011 - BILD: AFP/Tepco

Für einen beträchtlichen Teil dieser Abfälle ist das Problem der Endlagerung noch nicht geklärt, weshalb die Stoffe lediglich zwischengelagert werden. Die Kosten und Risiken, die durch die Lagerung noch entstehen werden, können nicht abgeschätzt werden. Die laufenden Kosten für Transporte und Zwischenlagerung werden von der Gesellschaft mitgetragen. Tschernobyl und Fukushima sind die prominentesten Beispiele für Unfälle in Atomkraftwerken mit katastrophalen Folgen. In der Geschichte der Kernkraftnutzung gab es bisher etwa 30 Unfälle, bei denen es zum Austritt von radioaktivem Material gekommen ist.



7/231

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

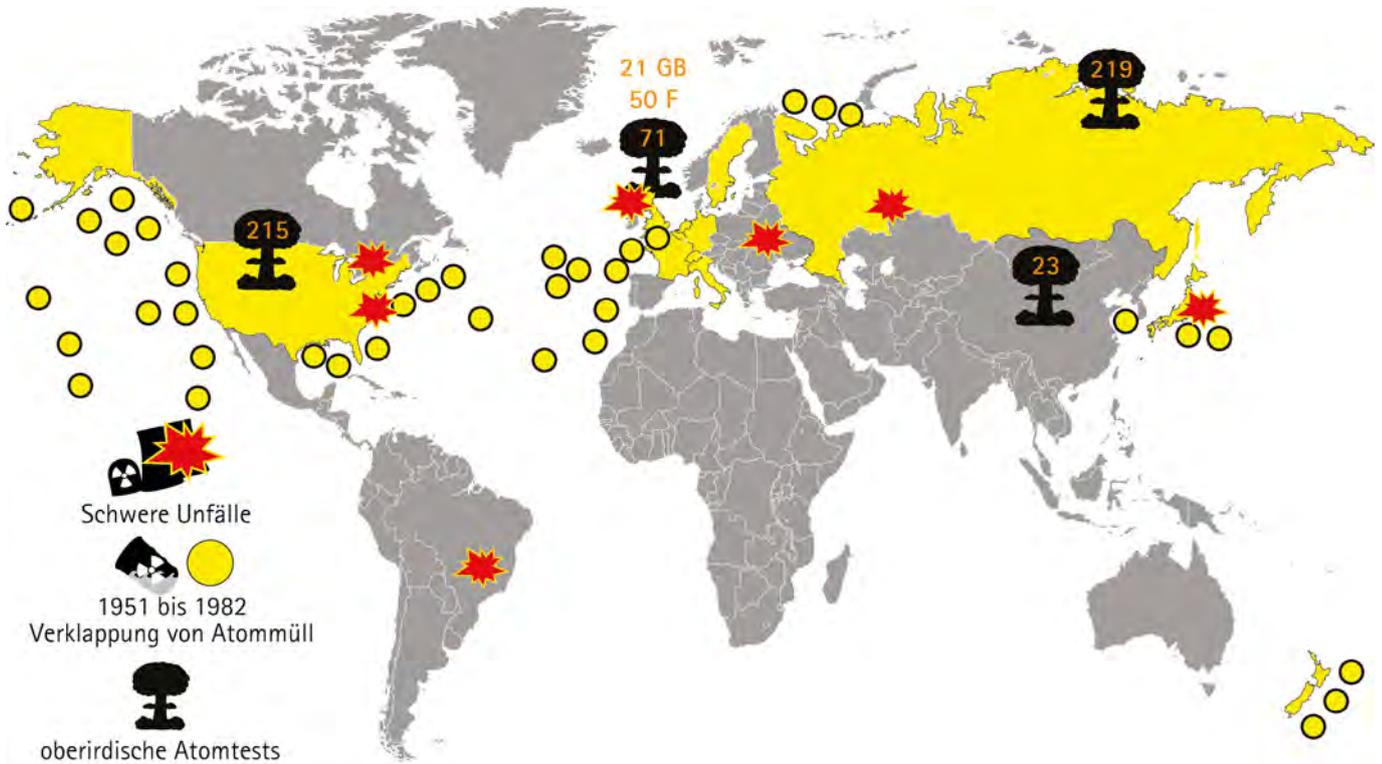


ABBILDUNG 99: Schwere Unfälle in Atomkraftwerken, Atommüllverklappung und oberirdische Atomtests - QUELLE: ARTE, Le Monde Diplomatique

.ppt

### PRÄSENTATION 59: Atomenergie (24 Folien)

Als ebenso bedenklich für die Umwelt und die Menschheit ist die militärische Nutzung der Kernenergie anzusehen, die oft mit der zivilen Nutzung einhergeht. Uran, das durch den Anreicherungsprozess als Abfallprodukt überbleibt, verfügt über einen so geringen Anteil an leicht spaltbaren Isotopen, dass es für die Energieerzeugung nicht mehr verwendet werden kann. Ein gewisser Teil dieses Materials wird zur Produktion von Uranmunition eingesetzt. Das Magazin „The Guardian“ berichtete, dass beim Krieg im Irak im Jahr 2003 über drei Wochen lang 1.000 bis 2.000 Tonnen dieser Munition zum Einsatz kamen, was vor

allem wegen der giftigen Eigenschaften des Schwermetalls Uran bedenklich ist. Nach den Atombombenabwürfen gegen Ende des 2. Weltkrieges auf Japan wurden zahlreiche Atomwaffentests durchgeführt. Im August 1945 kamen in Hiroshima und Nagasaki 92.000 Menschen durch den Abwurf von Atombomben ums Leben, bis Jahresende starben weitere 130.000 Menschen an den Folgen. Seit 1945 wurden in der Atmosphäre über 500 Atomwaffentests durchgeführt; über 1.500 erfolgten unterirdisch.

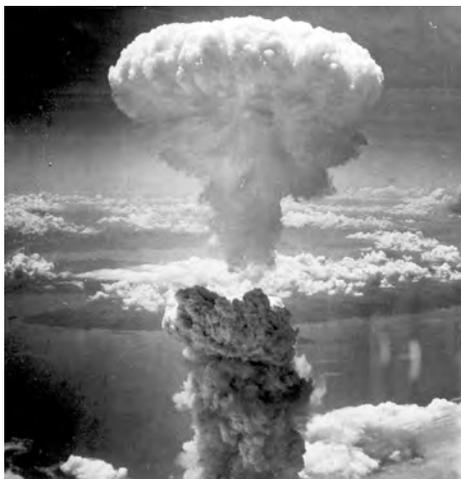


ABBILDUNG 100: Abwurf der Atombombe „Fat Man“ über Nagasaki - BILD: US Army



ABBILDUNG 101: 1945 das fast völlig zerstörte Hiroshima - BILD: US Army

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

Die Katastrophe von Tschernobyl ereignete sich am 26. April 1986 in Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl nahe der ukrainischen Stadt Prypjat. Der Super-GAU wurde durch einen Versuch, der einen vollständigen Stromausfall am Kernreaktor simulieren sollte, ausgelöst. Es war der erste nukleare Zwischenfall, der auf der siebenstufigen internationalen Bewertungsskala für nukleare Ereignisse als katastrophaler Unfall (Stufe 7) eingeordnet wurde, und gilt als die größte nukleare Katastrophe in der Geschichte der Menschheit. Auch die atomare Katastrophe, die sich am 11. März 2011 nach einem Erdbeben in Fukushima ereignete, wurde als katastrophaler Unfall eingestuft. In Tschernobyl waren die Aufräumarbeiter („Liquidatoren“) der Strahlung am stärksten ausgesetzt. Sie errichteten unter Vernachlässigung der Lebensgefahr einen provisorischen Schutzmantel aus Stahlbeton, der meist als „Sarkophag“ bezeichnet wird, über dem zerstörten Reaktorblock. Viele Verbindungen zwischen tragenden Teilen der Schutzhülle und dem beschädigten Bestand konnten nur behelfsmäßig ausgeführt werden oder wurden unterlassen. 1997 wurde ein Fund ins Leben gerufen, der die Gelder für den

Bau einer neuen Schutzhülle bereitstellen soll. Im April 2012, fast 26 Jahre nach der Katastrophe, wurde schließlich mit dem Bau einer neuen Schutzhülle begonnen. 2015 sollen die Arbeiten abgeschlossen sein. Die Gesamtkosten für den Bau und die Abdichtung der Anlage wurden auf 1,5 Milliarden Euro veranschlagt; allein die Kosten für das Stahlgerüst der neuen Schutzhülle belaufen sich auf über 400 Millionen Euro.

Über die Opferzahlen der Tschernobyl-Katastrophe herrschten lange Zeit Kontroversen; 2005 einigte man sich auf die Zahl von etwa 4.000 Todesopfer in den am schwersten betroffenen Gebieten in Weißrussland, der Ukraine und Russland. Die Zahl von Krebserkrankungen, die in direktem Zusammenhang mit der Katastrophe stehen, wird laut der Weltgesundheitsorganisation WHO und der Internationalen Atomenergiebehörde IAEA bis 2065 die Zahl 40.000 erreichen.

### TEXT 8: Stimmen aus Tschernobyl (7 Seiten)



ABBILDUNG 102: Löschhubschrauber im Anflug auf das havarierte Kraftwerk  
BILD: Ukrainian Society for Friendship and Cultural Relations with Foreign Countries



ABBILDUNG 103: Denkmal für die im Einsatz gestorbenen Liquidatoren  
BILD: Mond

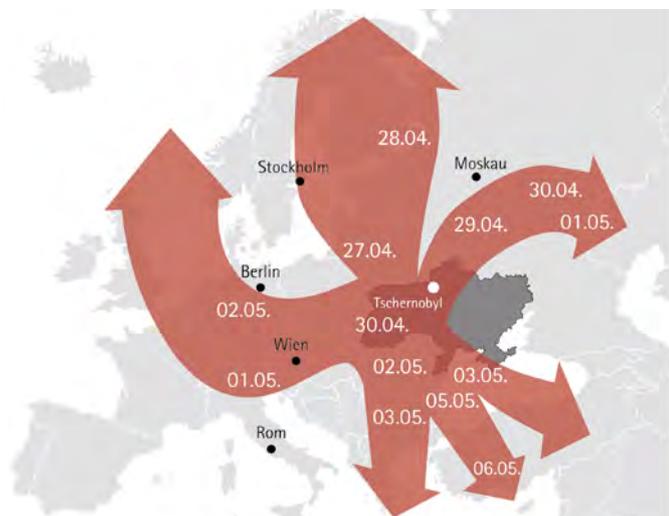


ABBILDUNG 104: Ausbreitung der radioaktiven Wolke vom 27. April 1986 bis zum 06. Mai 1986 - QUELLE: Bundesamt für Strahlenschutz



ABBILDUNG 105: Missbildung durch geschädigtes Erbmaterial, hervorgerufen durch radioaktiven Fallout - BILD: Julien Behal

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

### 3.4.1 Das ungelöste Probleme der Atomenergienutzung



„Atomkraftwerke sind nicht versicherbar. Die Kosten sind so astronomisch, dass kein Versicherer sie je übernehmen würde. Das aber stellt die Gesellschaft vor ein Problem: Weil die Kosten für ein einzelnes Energieunternehmen viel zu hoch wären, muss im Falle eines Falles der Steuerzahler einspringen. So wie beim japanischen Kraftwerk Fukushima.“

” Markus Rosenbaum, Geschäftsführer der Versicherungsforen Leipzig GmbH “

ABBILDUNG 106: Markus Rosenbaum - BILD: Versicherungsforen Leipzig

#### TEXT 18: Die Zeit: Atommüllendlager? (2 Seiten)

Im Auftrag des deutschen Bundesverbands für Erneuerbare Energie (BEE) wurde beim Versicherungsforum Leipzig eine Studie über die Versicherbarkeit deutscher Atomkraftwerke in Auftrag gegeben. Die Studie kam zu dem Schluss, dass sich die Kosten eines möglichen Super-GAU auf etwa 6.000 Milliarden Euro belaufen würden. Im Jahr 2011 kostete Atomstrom in der Herstellung rund zwei Cent je Kilowattstunde. Würde man die Versicherungskosten über zehn Jahre hinweg einheben, wären Aufschläge von knapp vier Euro pro Kilowattstunde nötig. Würden die Versicherungskosten auf 50 Jahre aufgeschlagen, lägen die Mehrkosten für eine Kilowattstunde immer noch bei etwa 50 Cent.

In dieser Rechnung ist das Problem der Endlagerung noch nicht berücksichtigt. Der Begriff Endlager bezeichnet in der Kerntechnik eine Lagerstätte, in der radioaktive Abfälle mindestens so lange abgeschieden werden, bis keine Gefahr mehr von ihnen ausgeht. Uran 235 hat eine Halbwertszeit von etwa 700 Millionen Jahren, was bereits die Definition des Endlagers ad absurdum führt. Es ist unmöglich, die Abscheidung dieser radioaktiven Abfälle über solche Zeiträume zu garantieren. Derzeit besteht weltweit kein einziges dauerhaftes Endlager. Im Juli

2011 beschloss die EU-Kommission eine neue Richtlinie. Demnach müssen alle 14 Kernenergie nutzenden EU-Länder bis 2015 eine Lösung für die Atommüll-Endlagerung finden. Andernfalls kann Brüssel rechtlich gegen säumige Staaten vorgehen und vor dem Europäischen Gerichtshof ein Vertragsverletzungsverfahren anstrengen.



ABBILDUNG 107: Atommülllager Asse, Deutschland - BILD: DDP

### 3.4.2 Atomkraft in Europa und Österreich

In den späten 1960er-Jahren fällt in Österreich die Entscheidung zum Start eines Nuklearprogramms. 1972 wird die Atomkraft zu einem heiß diskutierten Thema, und die aufkommende Umweltschutz-Bewegung organisiert Demonstrationen gegen das sich im Bau befindende Kernkraftwerk Zwentendorf. Der Energieplan des Jahres 1976 sieht den Bau von insgesamt drei Kernkraftwerken in Österreich vor. 1978 kommt es zur ersten Volksabstimmung der Zweiten Republik, an der sich fast zwei Drittel der Wähler beteiligen. Mit einer knappen Mehrheit von 50,5% spricht sich das Volk gegen die zivile Atomkraftnutzung aus. Das 1977 fertiggestellte Kraftwerk wird nie in Betrieb genommen und wird zu einem innerpolitischen Symbol. In der Folge führte die Nichtinbetriebnahme bereits im Dezember 1978 zum Atomsperrgesetz, nach welchem in Österreich auch in Zukunft keine Kernkraftwerke ohne Volksabstimmung gebaut werden dürfen. Dieses Gesetz wurde 1999 durch das Bundesverfassungsgesetz für ein atomfreies Österreich verschärft, welches Verfassungsrang hat. Seit der Katastrophe von Tschernobyl 1986 ist die Anti-Atom-Politik gesellschaftlicher wie auch parteipolitisch einhelliger Konsens geworden.

#### PRÄSENTATION 60: Atomkraft in und um Österreich (16 Folien)

Weiter mit: „1.6 Geschichte der österreichischen Elektrizitätswirtschaft“ K: 2, S: 26

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Die fossilen Energieträger

In Irland waren die Planungen für ein Atomkraftwerk schon weit fortgeschritten, nach massiven Protesten der Bevölkerung wurden sie aber 1970 verworfen. Nach der partiellen Kernschmelze im US-amerikanischen Kernkraftwerk Three Mile Island im Jahr 1979 folgte in Schweden im März 1980 eine Volksabstimmung über die Zukunft der Kernenergie. Mit 58,1% sprachen sich die Wähler für einen weiteren begrenzten Ausbau von Kernkraftwerken aus. Infolgedessen beschloss das schwedische Parlament 1980, dass keine weiteren Kernkraftwerke gebaut werden sollen. Die sich damals in Bau befindenden sechs Reaktoren wurden dennoch fertiggestellt. Der Ausstieg aus der Kernenergie sollte bis 2000 abgeschlossen sein. Diese Frist wurde auf 2010 verlängert und im Jahr 2009 ganz aufgehoben. Italien hat als bisher einziges Land einen echten Atomausstieg umgesetzt. Nach

Tschernobyl wurden sämtliche vier Atomkraftwerke Italiens, die schon seit den mittleren 1960er-Jahren in Betrieb waren, stillgelegt. 2009 wurde unter Berlusconi der „Ausstieg aus dem Ausstieg“ phasenweise wieder angedacht. Bei einer Volksabstimmung Mitte 2011 lehnten jedoch 94% der Abstimmenden den Wiedereinstieg ab, die Wahlbeteiligung betrug 57%.

In der EU sind derzeit 133 Atomkraftwerke in Betrieb. Laut Global 2000 gelten 62 davon als sogenannte Hochrisikoreaktoren, das heißt sie stehen auf Erdbebenlinien, sind über 30 Jahre alt oder haben kein Containment, also keine Schutzhülle aus Stahlbeton, die bei einem Unfall das Austreten von Radioaktivität verhindern soll. Rund um Österreich stehen in einem Umkreis von 200 Kilometern 31 Reaktoren an 16 Standorten.

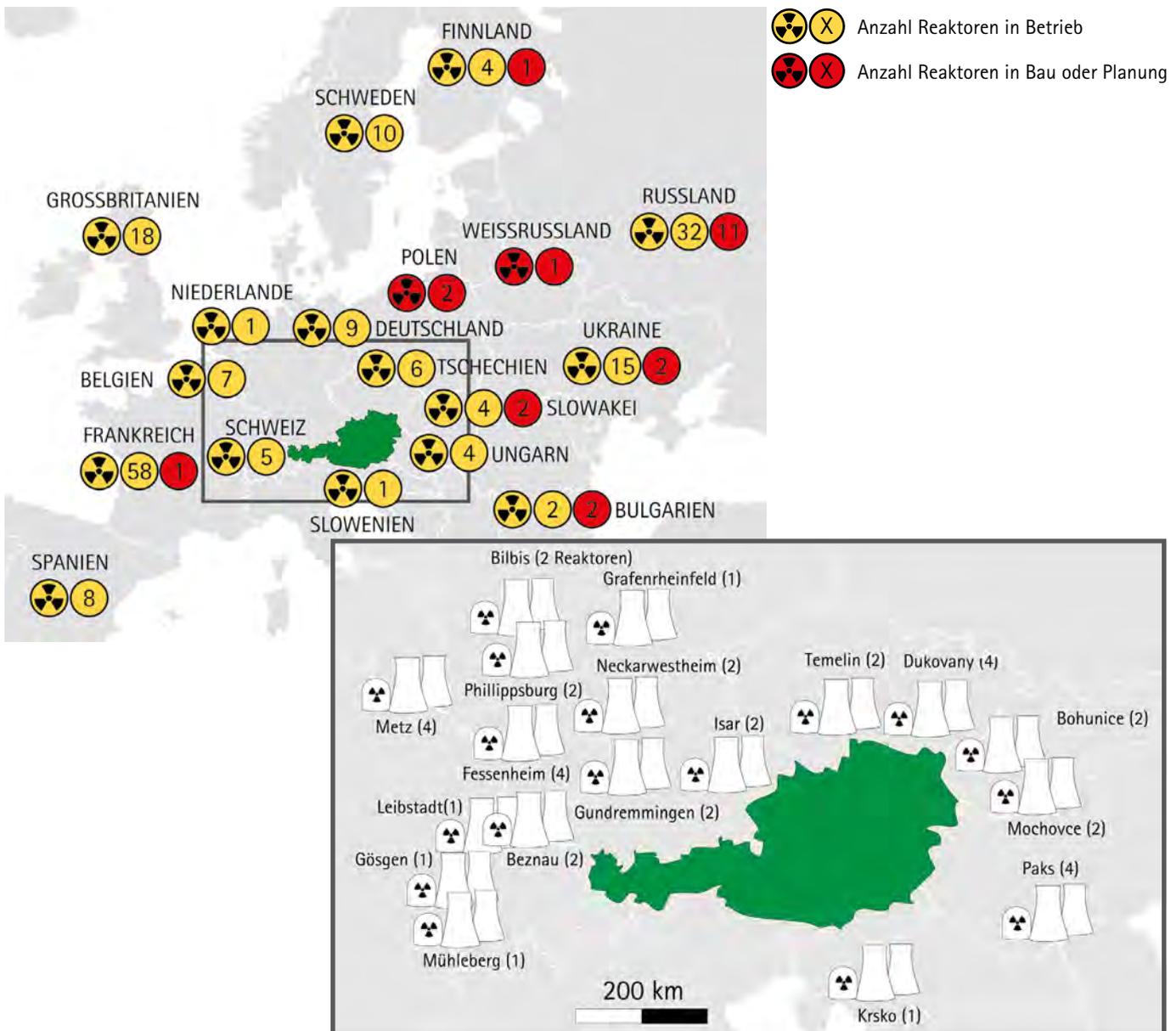


ABBILDUNG 108: Atomkraftwerke in Europa und in unmittelbarer Nachbarschaft zu Österreich - QUELLE: IEAE, Global 2000, APA

TEXT 64: Strahlende Zukunft? (2 Seiten)

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Quellenangaben und Literatur

### 4 QUELLENANGABEN UND LITERATUR

Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema Klimaschutz und Informationen zum Thema Klima.

[https://umweltstiftung.allianz.de/static-resources/upload/allianzumweltstiftung/download/publikationen/v\\_1259940003000/klimaschutzmappe.pdf](https://umweltstiftung.allianz.de/static-resources/upload/allianzumweltstiftung/download/publikationen/v_1259940003000/klimaschutzmappe.pdf)

[https://umweltstiftung.allianz.de/static-resources/upload/allianzumweltstiftung/download/publikationen/v\\_1178638754000/klimamappe lesezeichen.pdf](https://umweltstiftung.allianz.de/static-resources/upload/allianzumweltstiftung/download/publikationen/v_1178638754000/klimamappe lesezeichen.pdf)

Arte, mit offenen Karten.

<http://ddc.arte.tv/de>

Australian Government. Productivity Commission (2010): China's electricity generation sector.

[http://www.pc.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/109922/14-carbon-prices-appendix.pdf](http://www.pc.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/109922/14-carbon-prices-appendix.pdf)

Bmwfj (2012): Energiestatus Österreich.

<http://www.bmwfj.gv.at/ENERGIEUNDBERGBAU/ENERGIEBERICHT/Seiten/default.aspx>

Bmwfj (2008): Energiestrategie Österreich.

[http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie\\_oesterreich.pdf](http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf)

BP (2010): Erdöl bewegt die Welt. Von der Quelle bis zum Verbraucher.

[http://www.deutschebp.de/liveassets/bp\\_internet/germany/STAGING/home\\_assets/assets/deutsche\\_bp/broschueren/brochure\\_erdoel\\_bewegt\\_welt\\_final.pdf](http://www.deutschebp.de/liveassets/bp_internet/germany/STAGING/home_assets/assets/deutsche_bp/broschueren/brochure_erdoel_bewegt_welt_final.pdf)

Clean Air Task Force: The toll from coal (2010).

<http://www.catf.us/resources/publications/view/138>

CTBTO: World Map.

<http://www.ctbto.org/map/>

Department of Energy (2000): Carbon Dioxide Emissions from the Generation of Electric Power in the United States.

<ftp://ftp.eia.doe.gov/environment/co2emiss00.pdf>

DERA (2011): DERA Rohstoffinformationen. Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011. In URL: [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie-Kurzf-2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie-Kurzf-2011.pdf?__blob=publicationFile&v=3)

Deutscher Steinkohlebergbau (2009): Kohle ist nicht gleich Kohle.

<http://deutscher-steinkohlenbergbau.de/site/bildungsmedien/Kohleheft.pdf>

Earth System Research Laboratory. Global Monitoring Division (2011): Time history of atmospheric carbon CO<sub>2</sub>.

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html>

European Climate Association (2010): Roadmap 2050.

<http://www.roadmap2050.eu/downloads>

European Commission (2003): External Costs. Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport.

[http://www.externe.info/externe\\_2006/externpr.pdf](http://www.externe.info/externe_2006/externpr.pdf)

Gary, J.H.; Handwerk, G.E. (1984): Petroleum Refining Technology and Economics (2nd Edition ed.). Marcel Dekker, Inc. ISBN 978-0-8247-7150-8.

Götz, R. (2007): Die Debatte um Europas Energieversorgungssicherheit.

[http://www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/arbeitspapiere/Debatte\\_ks.pdf](http://www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/arbeitspapiere/Debatte_ks.pdf)

Greenpeace (2002): Erdöl – Gefahr für Umwelt, Klima, Menschen. Die schmutzige Spur des schwarzen Goldes.

[http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user\\_upload/themen/oel/erdoel\\_gefahr\\_fuer\\_die\\_umwelt.pdf](http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/oel/erdoel_gefahr_fuer_die_umwelt.pdf)

# 3. KAPITEL: FOSSILE ENERGIETRÄGER

## Quellenangaben und Literatur

Greenpeace (2008): Die wahren Kosten der Kohle. Der Preis, den Mensch und Umwelt für den schmutzigsten Brennstoff der Welt zahlen.

[http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user\\_upload/Studie\\_Wahre\\_Kosten\\_der\\_Kohle\\_2008.pdf](http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/Studie_Wahre_Kosten_der_Kohle_2008.pdf)

Greenpeace (2011): Auf Spurensuche. Ein Jahr nach Deepwater Horizon.

[http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user\\_upload/themen/oel/Auf\\_Spurensuche\\_-\\_ein\\_Jahr\\_nach\\_Deepwater\\_Horizon.pdf](http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/oel/Auf_Spurensuche_-_ein_Jahr_nach_Deepwater_Horizon.pdf)

Greenpeace (2011): Kurzinformatio Öl. Energie.

[http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user\\_upload/themen/oel/Screen\\_Kurzinformatio\\_OEL\\_9.12.indd.pdf](http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/oel/Screen_Kurzinformatio_OEL_9.12.indd.pdf)

Guardian, The (2012): Phasing out fossil fuel subsidies could provide half of global carbon target. In URL: <http://www.guardian.co.uk/environment/2012/jan/19/fossil-fuel-subsidies-carbon-target>

IEA Statistics (2011): CO<sub>2</sub> Emission from fuel combustion. Highlights.

<http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>

IEA (2011): Press releases.

[http://www.iea.org/press/pressdetail.asp?PRESS\\_REL\\_ID=424](http://www.iea.org/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID=424)

IAEA (2012): Factsheets and FAQs. Managing Radioactive Waste.

<https://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/manradwa.html>

Jürgen Paeger Consulting, Nachhaltigkeit Managementsysteme.

<http://www.oekosystem-erde.de/>

LUBW (n): Einstufung der Gefährlichkeit von Abfällen in Baden-Württemberg. Abfallart: Abfälle aus Kraftwerken.

[http://www.abfallbewertung.org/ipacontent/bw\\_1001\\_kraftwerke\\_einstufung\\_090428.pdf](http://www.abfallbewertung.org/ipacontent/bw_1001_kraftwerke_einstufung_090428.pdf)

Murck, B. (2005): Environmental Science, A Self Teaching Guide. New York, Wiley Verlag.

OECD (2011): Inventory of estimated budgetary support and tax expenditures for fossil fuels.

<http://www.oecd.org/site/tadffss/48805150.pdf>

OSPAR Commission (2012): Dumping report.

[http://www.ospar.org/documents/database/publications/p00625/p00625\\_dumping%20report%202012.pdf](http://www.ospar.org/documents/database/publications/p00625/p00625_dumping%20report%202012.pdf)

OSPAR Commission (2010): Discharges, spills and emission from offshore oil and gas installations in 2010.

[http://www.ospar.org/documents/database/publications/p00557/p00557\\_annual%20report%202010\\_2011.pdf](http://www.ospar.org/documents/database/publications/p00557/p00557_annual%20report%202010_2011.pdf)

Ponting, C. (2007): A New Green History of the World - The Environment and the Collapse of Great Civilisations.

Überarbeitete Neuauflage des Klassikers von 1991: Eine Umweltgeschichte der Erde. Vintage Books

Smil, V. (2006): Energy. A Beginner's Guide. Oxford: Oneworld Publications.

UNEP (2012): UNEP Year Book. Emerging issues in our global environment.

[http://www.unep.org/yearbook/2012/pdfs/UYB\\_2012\\_FULLREPORT.pdf](http://www.unep.org/yearbook/2012/pdfs/UYB_2012_FULLREPORT.pdf)

UPI (2009): Dokumentation des Irakkriegs.

[http://www.upi-institut.de/hd/Altstadterschliessung\\_mit\\_NUT.pdf](http://www.upi-institut.de/hd/Altstadterschliessung_mit_NUT.pdf)

World Energy Council (2011): Global Transport Scenarios 2050.

[http://www.worldenergy.org/documents/wec\\_transport\\_scenarios\\_2050.pdf](http://www.worldenergy.org/documents/wec_transport_scenarios_2050.pdf)

The Wallstreet Journal (2012): Iraq Bars Exxon from Energy Auction.

<http://online.wsj.com/article/SB10001424052702303513404577353293504972030.html>