

DIE GAZETTE

DAS POLITISCHE KULTURMAGAZIN

NUMMER 16 / WINTER 2007/2008



Thema Klimawandel

Es wird wärmer

DER AUFHALTSAME SCHRECKEN

Michael Müller

Alexander von Humboldt als Klimaforscher

DIE ERSTEN WARNZEICHEN

Frank Holl

Nicht bloß technische Lösungen

DEM WANDEL EIN SCHNIPPCHEN SCHLAGEN

Nico Stehr, Hans von Storch

Wo steht Deutschland?

OFF-ROAD-WAGEN UND CO₂

Interview mit Wendelin Wiedeking

D, AU: 8 Euro, CH: 14 Fr



4

Bio-Energie

Die Hoffnung ist grün

Biokraftstoffe befinden sich gerade auf einer Achterbahnfahrt: vom vermeintlichen Klimaretter zum Buhmann des Jahres. Sie binden aber auch Aufmerksamkeit, und das verschleiert uns den Blick, so dass wir die Potenziale, die der Energie aus nachwachsenden Rohstoffen insgesamt innewohnen, kaum noch wahrnehmen. Was ist los auf dem Jahrmarkt der Bio-Energien?

Von Torsten Mertz

Spätestens seit der Klimaschutz in aller Munde ist, erfahren nachwachsende Rohstoffe als Energielieferanten wachsende Aufmerksamkeit. Die Idee, mit Pflanzen fossile Brennstoffe zu ersetzen, wirkt auf den ersten Blick bedingungslos überzeugend. Denn sie setzen in den Kraftwerken, Motoren und Heizungen lediglich die Menge Kohlendioxid (CO₂) frei, die sie der Luft zuvor entnommen haben. Und sie verringern die Abhängigkeit von den schrumpfenden Erdölreserven. Einen regelrechten Boom haben daher die Biotreibstoffe erfahren, denn sie versprachen der Verkehrsbranche ein Weiter-so mit deutlich weniger Nebenwirkungen als bisher. Und alle schienen zu profitieren: das Klima, die Erdöl importierenden Staaten, die Bauern des Südens und des Nordens. Aber seit einigen Monaten müssen die jüngst noch als Retter begrüßten Biokraftstoffe als „Der grüne Tod“ oder „Klimakiller vom Acker“ massiv Prügel einstecken. Eine derart schnelle Degradierung hat noch kaum ein ökologischer Hoffnungsträger erfahren.

Die teils hysterische Kritik an den Biokraftstoffen lenkt den Blick auf die zahlreichen ökologischen und sozialen Risiken, die mit dem sich ausweitenden und intensivierenden Anbau der nachwachsenden Rohstoffe einhergehen. Es sind alte Bekannte einer Landnutzung, die auf ihrem ökologischen Auge weitgehend blind ist und das soziale bewusst verschließt. Kennzeichen dieser Nutzung: die Zerstörung natürlicher Wälder, Moore und Grasländer, die Bodenerosion, der exzessive Wasserverbrauch und ein intensiver Dünger- und Pestizideinsatz. Nicht selten werden Ureinwohner oder Kleinbauern vertrieben; von den Verlusten der Biodiversität ganz zu schweigen. Dabei könnte die Bio-Energie sowohl aus ökologischer wie auch sozialer Sicht ein Paradebeispiel der Nachhaltigkeit sein: Sie setzt auf nachwachsende Rohstoffe und stärkt die regionale Wirtschaft. Die katastrophalen Nebenwirkungen der Ölförderung treten hier gar nicht erst auf, und ausgetretener Biodiesel etwa ist für Gewässer oder Böden ungleich weniger umweltbelastend als herkömmlicher

Diesel. Die Energieproduktion aus Pflanzenmasse kennt zudem keine Abfälle, da alle Nebenprodukte als Viehfutter, als Dünger oder in der chemischen Industrie Verwendung finden.

Das aktuelle schlechte Image hat die Bio-Energie vor allem dem Versagen der Biokraftstoffe in der Königsdisziplin zu verdanken: ihrem Beitrag zum Klimaschutz. Die maschinen- und düngintensive Landwirtschaft, der Transport und die Verarbeitung der Rohstoffe verbrauchen einen erheblichen Teil der Energie, die die Pflanzen selbst liefern. Hinzu kommt, dass als Folge der Stickstoffdüngung den Böden und Gewässern Treibhausgase entweichen. Lachgas (N₂O) beispielsweise ist ein sehr starkes Klimagas – rund 300-mal klimawirksamer als CO₂. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes ist daher beispielsweise Rapsdiesel nicht klimaneutral, sondern allenfalls zwischen 20 bis 80 Prozent weniger klimabelastend. Die große Spanne resultiert einerseits aus unterschiedlichen energetischen Nutzungsmöglichkeiten der anfallenden Nebenprodukte (ohne Betrachtung der Nebenprodukte wäre die Biodiesel-Bilanz erheblich schlechter); aber vor allem auch aus der großen Unsicherheit, wie viel N₂O als Folge der Stickstoffdüngung frei wird. Internationale Wissenschaftler um den Chemie-Nobelpreisträger Paul Crutzen haben sich jüngst getraut zu folgern, dass Biosprit gar klimaschädlicher sei als seine Pendanten aus Erdöl. Demzufolge setze Rapsdiesel 1,7-mal, Ethanol aus Mais 1,5-mal so viele Treibhausgase frei wie konventionelle Treibstoffe. Eine wahrlich vernichtende Bilanz!

Aber Bio-Energie ist weit mehr als Biotreibstoff – in ihrer Vielfalt liegt ihre Stärke: Je nach Rohstoff und Aufbereitung lässt sich aus Biomasse Festbrennstoff, Pflanzenöl, Biogas oder Biotreibstoff herstellen. Als Rohstoffe kommen zum einen Rückstände wie Restholz, Stroh oder organische Abfälle aus Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe infrage; zum anderen eigens zu diesem Zweck angebaute Energiepflanzen, zum Beispiel Raps, Sonnenblumen, Zuckerrohr und -rüben, Soja und Ölpalmen sowie Getreide wie Mais oder Weizen.

Um Biomasse energetisch nutzen zu können, muss sie aufbereitet werden. Je nach Ausgangsmaterial und Endnutzung wird sie gehäckselt, gepresst, vergärt, vergast oder chemisch umgewandelt (veresthert). Dann kann die Biomasse ihre Vorzüge ausspielen: Da sie als fester, flüssiger und gasförmiger Energieträger auftritt, lässt sie sich im Gegensatz zu anderen regenerativen Energien für alle Nutzungsformen (Wärme, Strom und Kraftstoffe) einsetzen. Und – das ist mindestens so entscheidend – sie ist gut lagerfähig, steht also zeitlich und räumlich flexibel zur Verfügung.

Unter den heutigen Bedingungen ist das energetische Potenzial der Biomasse allerdings begrenzt, wenngleich sie mit einem Anteil von etwa 70 Prozent in Deutschland zur Zeit alle anderen regenerativen Energieträger in den Schatten stellt. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen sieht den Biomasseanteil am Primärenergiebedarf bei maximal zehn Prozent bis zum Jahre 2030: „Die anspruchsvollen politischen Ziele sind also allein mit in der Bundesrepublik Deutschland erzeugter Biomasse nicht zu erreichen.“ Schon heute zeigt sich, dass vor allem der Pflanzensprit an seine Grenzen stößt: Die Hersteller leiden weltweit unter Überkapazitäten ihrer Anlagen und unter den hohen Rohstoffpreisen. Die Europäische Union reagierte sofort und gestattete den Bauern fortan wieder, Getreide auf bislang stillgelegten Äckern anzubauen. Jahrelang gab es für zehn Prozent der europäischen Ackerfläche eine Stilllegungsprämie, um das Überangebot an Getreide einzudämmen. Und plötzlich ist alles anders: von Überschüssen keine Spur mehr, und das Konjunktur- und Investitionsbarometer Agrar des Deutschen Bauernverbandes steht so gut wie schon lange nicht mehr. Neben den schlechten Ernten in einigen großen Ländern treibt vor allem die Nachfrage die Preise: Der wachsende Appetit der Menschen in den Schwellenländern auf Fleisch und Milchprodukte und der steigende Bedarf an Energie vom Acker. Die steigenden Preise machen bereits heute die Konkurrenz deutlich, in die die Pflanzenenergie mit der Ernährung tritt. Die weltweite Ackerfläche ist begrenzt, während die Menschheit munter weiterwächst und ihr Konsumverhalten ändert.

Wie am Auslaufen der Flächenstilllegung deutlich wird, steht die Agrarlandschaft unter einem ganz neuen Intensivierungsdruck: Wo man hinsieht, verdrängen Raps und Mais weniger umweltgefährdende Arten. Dennoch können die beschränkten Ackerflächen in Deutschland nur einige wenige Prozent der heimischen Dieselmenge bereitstellen. Daher greift Europa bereits heute massiv auf Importe zurück. Und trotzdem ist das europäische Ziel, den Kraftstoffen bis 2010 mindestens 5,75-Prozent Biosprit beizumischen, noch lange nicht erreicht. Pflanzenöle sind auf dem Weltmarkt billiger zu

beziehen als aus europäischer Landwirtschaft. Das Gleiche gilt für die Benzin-Alternative Ethanol, deren einheimische Produktion aus Zuckerrüben sich mit der aus südamerikanischem Zuckerrohr messen muss. Auf diese Weise dehnen wir unseren ökologischen Fußabdruck weiter auf die Länder des Südens aus: Für Palmöl, Sojabohnen, Mais und Zuckerrohr verschwinden Jahr für Jahr Millionen Hektar Urwälder, Savannen und Moore. Das Kohlendioxid, das durch die (Brand-)Rodungen und die Landnutzungsänderungen aus der Vegetation und den Böden in die Atmosphäre gelangt, wiegt die CO₂-Einsparungen in den Motoren und Kraftwerken zumeist wieder auf. Besonders katastrophal ist die Klimabilanz bei den Palmölplantagen Südostasiens, die dort entstehen, wo zuvor tropische Moorwälder standen: Während eine Tonne Bioöl rund 2,2 Tonnen CO₂ aus Erdöl einspart, ist sie zugleich für 10 bis 30 Tonnen des Klimagases aus der Moorvernichtung verantwortlich.

In seltener Einmütigkeit haben der deutsche Umweltminister Sigmar Gabriel und Landwirtschaftsminister Horst Seehofer die Gefahren erkannt: „Die Vorteile der Bioenergie wie etwa der Beitrag zum Klimaschutz dürfen nicht mit dem Preis von Umweltschäden bei der Erzeugung erkaufte werden“, sagte Seehofer. Und Sigmar Gabriel unterstrich: „Es ist völlig inakzeptabel, dass der tropische Regenwald großflächig gerodet wird, um billiges Palmöl zu erzeugen, das dann bei uns genutzt wird. So können wir unsere Klimabilanz zwar um ein paar Punkte verbessern, der Schaden für das Klima insgesamt ist aber immens.“ Die Bundesregierung plant daher, die Steuervorteile für Biokraftstoffe an den Nachweis zu koppeln, dass diese durch nachhaltige Bewirtschaftung erzeugt werden. Einen Vorschlag für ein Zertifizierungssystem wollte sie bereits im Frühjahr 2007 vorstellen.

Entwicklungshilfeorganisationen führen vor allem die Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion als Warnung an. Nicht erst seit die Getreidepreise steigen, lösen Slogans wie „Heizen mit Weizen“ eher spontane Abwehr als Begeisterung für neue Wärmekonzepte aus. Und in der Tat schwindet dort, wo Biokraftstoffe angebaut werden, die Anbaufläche für Nahrungsmittel. „Seit fast alles, was essbar ist, zu Treibstoff verarbeitet werden kann“, wie es Lester Brown, Präsident des Earth Policy Institute in Washington, in *Spiegel Special* ausdrückte, verschwimmen also die Grenzen zwischen der Nahrungsmittel- und der Energieindustrie. Letztlich hänge es nur vom Ölpreis ab, ob die nachwachsenden Rohstoffe zu Nahrungsmitteln oder zu Treibstoff verarbeitet werden, meint Brown. Für Stefan Tangermann, den OECD-

Direktor für Handel und Landwirtschaft, sind die Folgen von mehr Mais im Tank mehr Hungernde in Entwicklungsländern.

Aber ganz so einfach ist es auch wieder nicht: Wie Jürgen Trittin jüngst in der *politischen ökologie* treffend feststellte, sind akuter Hunger und Armut nicht unbedingt Folgen mangelnder Nahrungsmittelproduktion, sondern Resultat eines Verteilungsproblems. Somit müsse der Anbau von Energiepflanzen auch nicht zwangsläufig die Versorgung beeinträchtigen. Vielmehr gingen Armut und Unterversorgung teilweise auf die landwirtschaftliche Überproduktion der EU und der USA zurück: „Der Export hoch subventionierter Lebensmittel in Entwicklungsländer zerstört die einheimische Produktion“, erläutert Trittin. So gesehen müsse es also gar nicht von Nachteil sein, wenn die bisherigen landwirtschaftlichen Überschüsse des Nordens in die Tanks wanderten und steigende Rohstoffpreise den Bauern des Südens endlich wieder ein ausreichendes Einkommen bescherten. Wie aber eine arme städtische und die marginalisierte ländliche Bevölkerung mit den steigenden Lebensmittelpreisen umgehen soll, erklärt der Ex-Umweltminister leider nicht.

Tatsächlich zeigen die nachwachsenden Energieträger einen Weg zu mehr Nachhaltigkeit und sozialer Gerechtigkeit auf: Pflanzen wie etwa die tropische Ölnuss *Jatropha* lassen sich dezentral und ohne große Investitionen anbauen und nutzen, schützen vor Erosion und können so für viele Regionen des Südens einen Weg aus der Armut darstellen. Vor allem denen, die bisher nicht an eine Energie-Infrastruktur angebunden sind oder sich

Energie-Importe schlicht nicht leisten können, bieten nachwachsende Energien reelle Chancen. *Jatropha* etwa tritt nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion oder zu intakten Ökosystemen. Das Öl ihrer haselnussgroßen Samen eignet sich unter anderem als Brennstoff für Lampen und Herde sowie als Treibstoff für Generatoren, Landmaschinen und Kraftfahrzeuge. Über den recht einfachen chemischen Vorgang der Veresterung lässt sich daraus auch Biodiesel herstellen. Nicht nur kleine dörfliche Entwicklungshilfeprojekte setzen auf *Jatropha*. Einige Entwicklungs- und Schwellenländer widmen der Ölpflanze gar nationale Entwicklungspläne. Der Trend, der sich hier andeutet, entwickelt sich zum Test, ob die Kleinbauern des Südens tatsächlich vom Bio-Energie-Boom profitieren können. Dies gelingt aber nur, wenn sie in ausreichendem Maße an der Wertschöpfung beteiligt werden. Und das wiederum wird voraussichtlich in den wenigsten Entwicklungsländern der Welt der Fall sein.

Aus welcher Region und von welcher Pflanze auch immer die Bio-Energie stammt, als Treibstoff für Kraftfahrzeuge ist ihre Nutzung am wenigsten effektiv. Die Nutzung biogener Brennstoffe im mobilen Bereich spart deutlich weniger CO₂ ein als beispielsweise ihr Einsatz in effizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Hier kommt Biogas ins Spiel, das einige der Probleme umgeht, die den Biokraftstoffen ein so schlechtes Image bereiten. Während für Biodiesel und Ethanol nur ein Teil der Pflanze in nutzbare Energie übergeht, vergären Biogasanlagen die gesamte Biomasse zu methanhaltigem Gas, das dem Erdgas ähnelt. Alle



Der kommende Öko-Energiehof:

ganz rechts das Maschinenhaus, in der Mitte der isolierte Gärbehälter (Fermenter), links der Nachgärbehälter mit Gasspeicher-Haube

pflanzlichen Produkte sind dafür geeignet, nur zu holzig dürfen sie nicht sein: Grasschnitt, Silage (Gärfutter) oder Energiepflanzen. Biogas lässt sich darüber hinaus aus Gülle oder Festmist oder aus organischen Reststoffen aus der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie gewinnen. Das wichtigste Argument für Biogas sind die Stoffkreisläufe: Alle wichtigen Nährstoffe verbleiben bei der Vergärung im Restsubstrat, das anschließend wieder auf die Felder ausgebracht werden kann.

Bisher wird landwirtschaftlich erzeugtes Biogas überwiegend in dezentralen Blockheizkraftwerken zu Strom und Wärme umgewandelt. Durch die dezentrale Biogasgewinnung in landwirtschaftlichen Betrieben verbleibt die Wertschöpfung weitgehend bei den Bauern. In der Chance für ländliche Regionen liegt aber zugleich auch ihre Grenze: Für die dabei anfallende Wärme finden sich in Hofnähe meist keine Abnehmer. So ist es sinnvoll, das Gas ins Erdgasnetz einzuspeisen und dorthin zu leiten, wo am meisten Strom und Wärme gebraucht werden – in die Städte. Seit Dezember 2006 fließt in Pliening bei München und in Straelen am Niederrhein das erste Biogas ins deutsche Gasnetz. Zwar sind Länder wie etwa Schweden oder die Schweiz Deutschland um einige Jahre voraus, aber die deutschen Versorger rüsten auf: Anfang 2007 gründete der Energieriese Eon eine Bioerdgas GmbH und glaubt, in wenigen Jahren Biogas in Erdgasqualität zu weltmarktfähigen Preisen herstellen zu können. Mit dem Einstieg der Konzerne in das Biogasgeschäft geht allerdings ein Stück des Charmes verloren: Es ist gerade der Vorteil der regional hergestellten Energie, dass regionale Biogasnetze in der Hand der Stadtwerke, Kommunen oder Produzenten diesen Unabhängigkeit von den großen Versorgern ermöglichen.

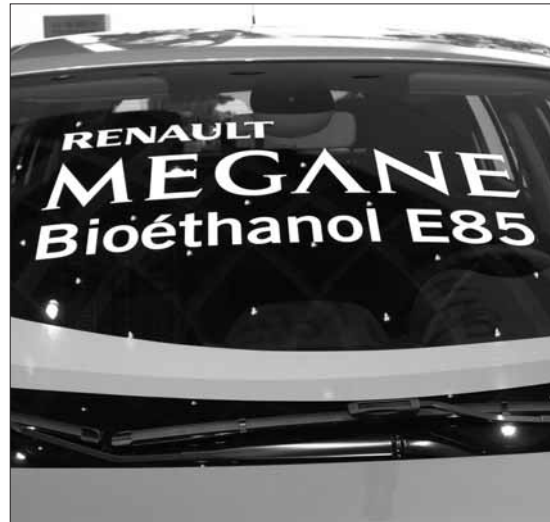
Beim Privatkundengeschäft mit Biogas hat ein kleiner Anbieter aus Hamburg die Nase vorn: Erstmals seit September 2007 können Endverbraucher Biogas direkt über das Gasnetz

beziehen. In fünf nördlichen Bundesländern bietet der Ökoenergiewerbetreiber Lichtblick einen Mix aus Erd- und Biogas an. In den kommenden Monaten soll das Versorgungsgebiet auf weitere Bundesländer ausgeweitet werden und nach Möglichkeit im kommenden Jahr ganz Deutschland abdecken. Zurzeit sei noch nicht ausreichend Biogas verfügbar, um den Bioanteil auf über fünf Prozent zu erhöhen. Geht es nach dem Institut für Energetik und Umwelt in Leipzig, muss das nicht so bleiben: Bis 2020 könne der Erdgasverbrauch Gesamt-Europas bis hin zum Ural – „bei entsprechender Effizienzsteigerung“ – vollständig durch Biogas aus der Landwirtschaft ersetzt werden. Und das bei vollständiger Nahrungsmittelselbstversorgung, betont die Studie „Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie“. Wenn das Biogaspotenzial in Europa ausgenutzt werde, ließen sich bis 2020 die CO₂-Emissionen um zehn Prozent senken. Woher das Gas käme? Vornehmlich aus Osteuropa. Dort sollten sich die Bauern entlang der bereits bestehenden Erdgaspipelines auf Biomethan umstellen und das Gas in das Netz einspeisen. Diesen Optimismus kann sonst allerdings niemand teilen. So kalkuliert etwa das Wuppertal Institut für Umwelt, Energie, Klima, dass Biogas 2030 lediglich rund zehn Prozent des heutigen deutschen Gasverbrauchs decken könnte.

Konkurrenz um die Rohstoffe wird dem Biogas zukünftig verstärkt die sogenannte zweite Generation der Biokraftstoffe machen: Mit dem Biomass-to-Liquid-Verfahren (BtL) lässt sich aus jedem kohlenstoffhaltigen Rohmaterial, also jedem Teil einer Pflanze, synthetischer Biosprit herstellen. In einem relativ aufwändigen Prozess entsteht über eine Reihe von Zwischenschritten (Vergasung und Verflüssigung) „SynFuel“, dessen Kraftstoffeigenschaften sich bedarfsgerecht „designen“ lassen, in Richtung Benzin oder Diesel etwa. Für die Automobilindustrie ist synthetischer Kraftstoff ausgesprochen interessant: Er kann über die vorhandene Tankinfrastruktur in allen vorhan-



k.A.; www.ethanol-start-benzin.de



Eigentlich waren wir schon mal so weit: damals ein Kadett mit Holzvergaser, heute ein Renault mit Ethanol





denen Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Seine kurzfristigen Vorteile werden allerdings überschätzt: Die Produktion befindet sich noch im Versuchsstadium, mit nennenswerten Mengen ist also vorerst nicht zu rechnen. Darüber, ob die Biokraftstoffe der zweiten Generation einen deutlichen Umweltvorteil gegenüber fossilen Kraftstoffen haben, besteht keinesfalls Einigkeit. Negativ zu Buche schlagen der hohe technische Aufwand und der große Energiebedarf bei der Herstellung.

Während das Publikum des Energiejahrmarkts nun gespannt beobachtet, ob die Achterbahn die

Bioenergie wieder nach oben oder weiter hinab trägt, darf das eigentliche Problem nicht aus dem Blick geraten: Es wird versucht, die herrschenden energiezehrenden Wirtschafts- und Konsumverhältnisse zu konservieren und nur kosmetisch an die Erfordernisse des Klimaschutzes anzupassen. Dieser Versuch wird scheitern. Nur ein anderer Weg führt zu ernsthaftem Umwelt- und Ressourcenschutz: eine Kombination aus Effizienzrevolution und Energiesparen. Erst wenn der Energiekonsum deutlich gesunken ist, lässt sich ein wesentlicher Anteil aus nachwachsenden Rohstoffen decken. Und auch erst dann kann Biosprit zu einer ernsthaften Option werden.

Der Klimawandel ist Gewissheit

Modelle, Szenarien und Prognosen

Noch immer gibt es Menschen, die am Klimawandel zweifeln oder ihn als vielleicht doch nicht so bedrohlich ansehen. Gern berufen sich diese Skeptiker auf die Unsicherheit wissenschaftlicher Vorhersagen. Zu Unrecht.

Von Karl-Friedrich Wetzel

Der Klimawandel ist durch die Verleihung des Friedensnobelpreises an den ehemaligen Vizepräsidenten der USA Al Gore und an das IPCC ein Dauerbrenner in den Medien. Damit erlangt dieses Thema eine ähnliche Präsenz im kollektiven Bewusstsein wie in den frühen 80er Jahren das „Waldsterben“. Als Ursache dafür können verschiedene öffentlichkeitswirksame Ereignisse angesehen werden, zum Beispiel die Beratungen zum aktuellen Report des IPCC und die Veröffentlichung der jeweiligen Berichte, der G8-Gipfel in Heiligendamm mit dem Klimaschwerpunkt und nun die Verleihung des Nobelpreises. Darüber hinaus sind das Wetter und das Klima bei uns sowieso viel-diskutierte Themen, die jetzt im Zusammenhang mit möglichen zukünftigen Katastrophen noch einen zusätzlichen Reiz erfahren.

Aber was hat es auf sich mit dem Klimawandel und den Prognosen, die in den Medien verbreitet werden? Was bedeuten die Begriffe Klimawandel, Modelle, Szenarien und Prognosen? Mit welcher Genauigkeit lassen sich heute Veränderungen des Klimasystems nachweisen, und wie ist der Einfluss des Menschen auf dieses System zu quantifizieren? In diesem Beitrag sollen die einzelnen Begriffe erläutert und in knapper Form ein Überblick über den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Kenntnis des Klimawandels gegeben werden.

Klimawandel – was bedeutet das? Unter Klima wird in der Wissenschaft der mittlere Zustand der Atmosphäre über einen längeren Zeitraum in einem Gebiet verstanden. Der längere Zeitraum ist dabei auf meistens 30-jährige Beobachtungsperioden bezogen. Das Klima hat sich in der Vergangenheit nie als etwas Konstantes dargestellt, es unterlag seit dem Beginn atmosphärischer Prozesse auf unserem Planeten dramatischen Veränderungen. Die Eiszeiten der jüngeren Erdgeschichte sind dafür die besten Zeugnisse. Auch in historischer Zeit haben Klimaänderungen stattgefunden, wie die größere Ausdehnung des Weinbaus während des Mittelalters oder die tiefen Lagen der Gletscherzungen in den Alpen noch im 19. Jahrhundert anzeigen. Der deutliche Rückgang der Gletscher in nahezu allen Gebirgen der Welt, die zunehmende Erwärmung der Meere, die Verschiebung von Vegetationszonen und Anbau-grenzen zeigen unzweifelhaft an, dass es aktuell auf der Erde wärmer wird. Daran gibt es in der Wissenschaft keinen Zweifel mehr; der Klimawandel ist Realität.

Die große wissenschaftliche Herausforderung ist, zu verstehen, warum sich das Klima im Laufe der Erdgeschichte ständig verändert hat. Bei den Ursachen werden heute zwei große Gruppen unterschieden: die extraterrestrischen Faktoren, die