Nachhaltiger Klimaschutz

unverzichtbar – unaufschiebbar – erneuerbar

klimaaktiv

Österreichischer Biomasse-Verband
Austrian Biomass Association

Mit Unterstützung des
Ministerium für ein lebenswertes Österreich

www.biomasseverband.at

Vorwort

Nachhaltige Energie ist Fundament für die Zukunft

Als Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft verfolge ich ein klares Ziel für unser Land: ein lebenswertes Österreich mit reiner Luft, sauberem Wasser und sicheren, qualitativ hochwertigen, leistbaren Lebensmitteln. Dazu gehört auch eine saubere und sichere Versorgung mit Energie – am besten aus der Region für die Region, effizient und an der richtigen Stelle eingesetzt.

Obwohl es bereits eine Reihe von marktreifen, klimafreundlichen Alternativen für die Bereitstellung von Energie gibt, dominieren nach wie vor die fossilen Energieträger, die Umwelt und Brieftasche belasten. Die Antwort Österreichs auf diese Herausforderungen lautet: Erneuerbare Energie! Gemeinsam mit der Steigerung der Energieeffizienz ist die Nutzung regenerativer Energiequellen das Fundament einer zukunftsfähigen Energieversorgung.

Es hat in meinem Ressort eine lange Tradition, nachhaltige Energieversorgung zu unterstützen: Biomasse war und ist dabei stets eines der Schwerpunktthemen. Mit der Förderoffensive für thermische Sanierung, den Förderangeboten des Klima- und Energiefonds und der Umweltförderung im Inland sowie den Aktivitäten meiner Klimaschutzinitiative klima**aktiv** setzen wir auf allen Ebenen gezielte Maßnahmen und wichtige Anreize.

Das klima**aktiv**-Programm „Qualitätsmanagement Heizwerke" zielt beispielsweise auf die Verbesserung der Qualität und die Steigerung der Effizienz von Biomasseheizwerken und Nahwärmenetzen ab. Nicht zuletzt deshalb zeichnen sich Biomasseheizwerke in Österreich durch hohe Betriebssicherheit und Nutzungsdauer der Anlagentechnik aus.

Abschließend wünsche ich dieser wichtigen Broschüre zum nachhaltigen Klimaschutz viel Erfolg!

Ihr Andrä Rupprechter

Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Vorwort

Nachhaltiger Klimaschutz: unverzichtbar – unaufschiebbar – erneuerbar

Wir befinden uns mitten im Klimawandel. Der vergangene Winter war der zweitwärmste in der 250-jährigen Messgeschichte Österreichs. „Jahrhunderthochwasser" häufen sich in immer kürzeren Zeiträumen. Österreichs größter Gletscher, die Pasterze am Großglockner, hat in den letzten 50 Jahren bereits bis zu 200 Meter seiner Eisdicke verloren. Weltweit wird das Ausmaß von Wirbelstürmen aufgrund der Erwärmung der Ozeane immer verheerender. Durch den Klimawandel werden bereits heute ganze Landstriche auf Dauer unfruchtbar.

Der Klimagipfel der Vereinten Nationen in Paris 2015 gilt als letzte Chance, um die Klimaerwärmung auf 2 Grad Celsius zu begrenzen. Scheitern die Verhandlungen, droht in Österreich ein Temperaturanstieg von 5 Grad Celsius. Die Vorzeichen stehen allerdings schlecht. Anstatt den Ausbau von Bioenergie, Solarenergie sowie Wind- und Wasserkraft massiv voranzutreiben, steht die EU auf der Bremse.

Die Broschüre „Nachhaltiger Klimaschutz" soll aufzeigen, wie wichtig die Verhandlungen in Paris für Österreich sind, welche Alternativen uns zur herkömmlichen fossilen Energieversorgung tatsächlich zur Verfügung stehen und wie bedeutend der Wald und seine nachhaltige Bewirtschaftung für den Klimaschutz sind.

Der Ausbau der Erneuerbaren und die Reduktion unseres Energieverbrauchs sind die zentralen Hebel, um den Klimawandel einzudämmen und uns gleichzeitig auf dessen Auswirkungen vorzubereiten. Die positiven Effekte für unsere Versorgungssicherheit und Volkswirtschaft sind wissenschaftlich belegt und im Sinne unserer Kinder.

Ihr Horst Jauschnegg

Vorsitzender des
Österreichischen Biomasse-Verbandes

Inhalt

Die Rolle der schwedischen Forstwirtschaft bei der Eindämmung des Klimawandels
Tomas Lundmark ____ 06

Klimawandel aus der Satellitenperspektive
Josef Aschbacher ____ 16

Globale Perspektiven der Klimapolitik: Wo stehen wir?
Martin Jänicke ____ 28

Risiko Naturkatastrophen – Vergangenheit, Gegenwart und Erwartungen
Kurt Weinberger ____ 40

Versagen der Klimapolitik? Empfehlungen für die Sicherheitspolitik
Gerald Karner ____ 50

Informationsoffensive Wärme aus Holz ____ 55

Fracking, Shale, Ölsande & Co. – eine Bewertung des neuen fossilen Booms
Georg Günsberg ____ 62

Wald und Klimaschutz
Gerhard Mannsberger ____ 72

Holzverwendung als Beitrag zum Klimaschutz
Martin Höbarth ____ 78

Treibhausgas-Bilanz im Lebenszyklus der stofflichen und energetischen Holznutzung
Gerfried Jungmeier ____ 84

Kohlenstoffkreisläufe in Waldökosystemen
Hubert Hasenauer ____ 96

Weltweite Wiederbewaldung: Zentraler Baustein zur Einhaltung der 2-Grad-Obergrenze
Franz Josef Radermacher ____ 106

5 Grad plus? – Auswirkungen auf die Forstwirtschaft
Manfred J. Lexer ____ 116

Neuer Falter Holz-Strom ____ 122

Tomas Lundmark

Die Rolle der schwedischen Forstwirtschaft bei der Eindämmung des Klimawandels

In Schweden, dessen Landfläche zu 60 % von Wald bedeckt ist, spielen die Waldwirtschaft und die Nutzung von Walderzeugnissen durch Industrie und Gesellschaft eine wesentliche Rolle für die nationale Kohlenstoffbilanz. Wird die aktuelle schwedische Waldnutzungsstrategie fortgeführt, entspricht die langfristige Eindämmung des Klimawandels über 60 Millionen (Mio.) Tonnen an vermiedenen oder reduzierten Treibhausgas (THG)-Emissionen (in CO_2-Äq.) jährlich. Als Vergleichsbasis dient ein Szenario, in der nicht erneuerbare Produkte anstelle von Erzeugnissen auf Holzbasis verwendet werden. Die genannte Größenordnung entspricht in etwa den gesamten THG-Emissionen Schwedens. Die Waldwirtschaftsmethoden zur Steigerung der Waldbiomasseproduktion können die Netto-Kohlendioxidemissionen um weitere 40 Mio. Tonnen pro Jahr reduzieren. Der Beitrag zum Klimaschutz würde dadurch deutlich erhöht. Voraussetzung ist die Konzentration auf eine gesteigerte Biomasseproduktion zur Steigerung des Holzeinsatzes als Ersatz für fossile Brennstoffe und energieintensive Materialien.

Schwedens Wälder wachsen

Der überwiegende Teil des nördlichen Nadelwaldgürtels in Schweden wird seit mehr

© Schwedische Universität für Agrarwissenschaften

Durch die aktive Bewirtschaftung der schwedischen Wälder und die Gewinnung von Holzprodukten werden jährlich weltweit etwa 60 Mio. Tonnen CO_2-Emissionen eingespart – dies entspricht dem THG-Ausstoß von ganz Schweden.

als 100 Jahren bewirtschaftet. Schweden verfügt über 28,4 Mio. Hektar Wälder, wovon etwa 22 Mio. Hektar aktiv bewirtschaftet werden. Im 20. Jahrhundert war der Zuwachs der schwedischen Wälder höher als die jährliche Holzernte. Infolge der intensiven Bewirtschaftung, der verbesserten Waldwirtschaft und des gesteigerten Holzvolumens sind auch der Zuwachs, der gespeicherte Kohlenstoff im Waldökosystem und die potenzielle Holzernte in den schwedischen Wäldern gestiegen.

Im aktuellen schwedischen Forstwirtschaftsmodell schreibt das Waldgesetz vor, Produktion und Umweltzielen in der bewirtschafteten Waldlandschaft gleiche Bedeutung zuzumessen. Daher sind alle Waldbesitzer zur nachhaltigen Holzwirtschaft verpflichtet, wobei sie gleichzeitig die Biodiversität erhalten, den Erholungsbedarf fördern, Gewässer und Böden schützen sowie den Klimawandel eindämmen müssen. Seit den 1950er-Jahren war Kahlschlag in Schweden das vorherrschende Waldwirtschaftssystem. Die Dauer der Rotationsperiode wird üblicherweise so gewählt, dass sie die durchschnittliche Holzproduktion optimiert. Um einen langfristig nachhaltigen Holzstrom aus dem Wald zu gewährleisten, war eine gleichmäßige Altersklassenverteilung auf regionaler und nationaler Ebene das langfristige Ziel der Forstpolitik.

Der jährliche Einschlag nähert sich heute dem jährlichen Zuwachs an, was bedeutet, dass die Zunahme an Holzreserven nicht mehr so hoch ist wie früher. Die International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) hat festgestellt, dass das gewaltige Potenzial des Forstsektors den Klimawandel kostengünstig bekämpfen kann, und es ist wichtig, dass wir verstehen, wie verschiedene Waldbewirtschaftungs- und Holznutzungsstrategien den Klimaschutz beeinflussen können. Nur wenn man berücksichtigt, wie die Forstwirtschaft praktiziert wird, wie viel erneuerbare Rohstoffe auf nachhaltige Weise geerntet werden können und wie und wo diese Rohstoffe eingesetzt werden, kann der Gesamt-Klimavorteil der Forstwirtschaft richtig eingeschätzt werden.

Der Waldbestand in Schweden hat sich im Verlauf des vergangenen Jahrhunderts fast verdoppelt. Derzeit liegt die durchschnittliche Zuwachsrate schwedischer Wälder bei 5,1 Festmeter (fm) pro Hektar und Jahr. Eine Reihe von Studien weist darauf hin, dass Änderungen der Bewirtschaftungspraktiken zu einer erheblichen Steigerung (> 50 %) des Zuwachses führen können, was das langfristige Zukunftspotenzial der Biomasseernte erhöhen würde.

Zuwachs, Speicherung und Substitution

Ein nachhaltig bewirtschafteter Wald kann auf unterschiedliche Weise zur Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen (CO_2) in die Atmosphäre beitragen: als Kohlendioxidsenke in Waldbiomasse und Boden, durch vermehrte Speicherung von Kohlenstoff in geernteten Holzerzeugnissen und durch die Nutzung von Holz als Ersatz für fossile Brennstoffe und energieintensive Materialien. Holzbiomasse aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern wird im Allgemeinen als „kohlenstoffneutral" betrachtet. Dies liegt daran, dass ihre Nutzung als Bioenergie keine CO_2-Emissionen aufweist, weil die bei ihrer Verbrennung freigesetzten Emissionen anschließend durch den nachwachsenden Wald ausgeglichen werden. Diese Sichtweise wurde jüngst durch Bestands-Lebenszyklusanalysen infrage gestellt, die ergaben, dass die Nutzung von Holz als Biobrennstoff einen Rückgang des Waldbestands und damit eine deutliche Reduzierung des in den Wäldern gespeicherten Kohlenstoffs zur Folge hat. Im Gegensatz dazu wurden sowohl kurz- als auch langfristige Vorteile für die Kohlenstoffbilanz durch Waldwirtschaftspraktiken zur Steigerung des Zuwachses auf großflächiger

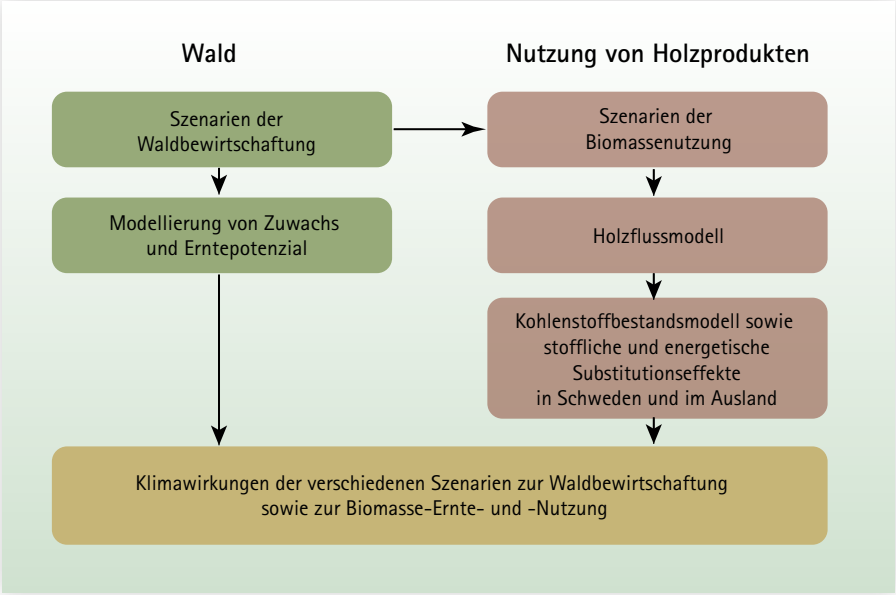


Abb. 1: Modellierungs-Cluster zur Bewertung der Klimawirkungen von Praktiken der Wald- und Biomassenutzung.

Ebene nachgewiesen. Die gegensätzlichen Auffassungen über die Klimaschutzwirkung der Forstwirtschaft und den Einsatz von forstwirtschaftlichen Erzeugnissen scheinen auf die zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen zurückzuführen zu sein, die den verschiedenen Analysen zugrunde liegen. CO_2-Emissionen – egal, ob aus Biomasse oder fossilen Brennstoffen – sammeln sich in der Atmosphäre an und tragen zum Klimawandel bei. Die Emissionen fossiler Brennstoffe stellen allerdings einen permanenten Transfer aus dem geologischen Kohlenstoffspeicher dar, während biogene Emissionen Teil des biosphärischen Kohlenstoffkreislaufs sind, den die Photosynthesekapazität der Erdvegetation ermöglicht.

Umfassende Lebenszyklus-Analysen, die biologische und technologische Prozesse berücksichtigen, können geeignete langfristige Ansätze zum Kohlenstoff-Management durch Landnutzung aufweisen. Es ist wichtig, das diesen Analysen zugrunde liegende geografische Gebiet zu definieren, da ganze Waldlandschaften eine andere Kohlenstoffdynamik aufweisen als ein einzelner Waldbestand. In Schweden werden große Landschaften als Waldsysteme bewirtschaftet, wobei die Bewirtschaftungsmaßnahmen in einem Bestand mit Aktivitäten an anderer Stelle in dem System koordiniert werden. Ein permanenter Strom an geerntetem Holz in ausreichenden Mengen ist aus einem einzelnen Bestand nicht möglich, kann jedoch mit einem System auf Landschaftsebene erreicht werden. Gleiches gilt für die Kohlenstoffemissionen. Durch die Speicherung in einem Bestand können die Emissionen aus einem anderen kompensiert werden.

Der Schwerpunkt dieser Studie liegt darauf, den Zusammenhang zwischen Waldwirtschaft, der Nutzung von Walderzeugnissen und der Kohlenstoffbilanz des schwedischen Forstsektors umfassend zu analysieren. Die folgenden Kohlenstoffbestände und -ströme wurden in der Analyse berücksichtigt:

- Kohlenstoffbestand im Wald-Ökosystem,

Schwedische Universität für Agrarwissenschaften

- Kohlenstoffbestand in langlebigen Holzerzeugnissen,
- fossile Emissionen aus Waldbewirtschaftung, Logistik und Verarbeitung von Holzprodukten,
- Substitutionseffekte durch die Vermeidung der Produktion und die Entsorgung von (im Allgemeinen energieintensiveren) Nichtholzprodukten,
- Produktionsemissionen in der Papier- und Zellstoffindustrie,
- Substitutionseffekte durch Importe und Exporte von Papier und Zellstoff,
- Substitutionseffekte aufgrund des vermiedenen Einsatzes fossiler Brennstoffe durch Wärmenutzung von Brennholz und Rückständen aus der Holzverarbeitung, der chemischen Zellstoffverarbeitung, Abfallholz und Papier.

Es wurde ein breiter, integrierter Ansatz zur Systemanalyse gewählt, der die Lebenszyklus-Treibhausgasströme der Wald- und Waldbiomasse-Nutzung berücksichtigt. Unabhängige Modelle, die verschiedene Teile des Systems repräsentieren, wurden zusammengefasst, um die systemübergreifenden Effekte quantitativ zu bewerten (s. Abb. 1). In Simulationen, die den Transfer des Kohlenstoffbestands in den Produkten und Substitutionsvorteile beinhalten, wurden der Import und Export von Holzprodukten zwischen verschiedenen Ländern untersucht. Da Schweden einen erheblichen Anteil seiner Walderzeugnisse exportiert, ist dies ein sehr wichtiger Aspekt der Gesamt-THG-Bilanzanalyse, der in den vorherigen schwedischen Studien nicht berücksichtigt wurde.

Drei Bewirtschaftungsszenarien

Anhand eines Modell-Clusters wurden die langfristigen (bis zum Jahr 2105) Kohlenstoffbilanz-Effekte dreier Szenarien untersucht, die verschiedene Forstwirtschaftspraktiken und Alternativen der Biomassenutzung für alle bewirtschafteten Wälder in Schweden miteinander kombinieren (s. Tab. 1). Das Baseline-Szenario beschreibt die Forstwirtschaft mit den aktuellen Waldwirtschafts-Praktiken in der schwedischen Forstwirtschaft. Im Allgemeinen werden die Wälder als gleichaltrige Bestände mit einer oder zwei Pflegeeingriffen im Jungbestand und zwei oder drei Durchforstungen vor der endgültigen Kahlschlagernte bewirtschaftet. Die Rotationsdauer variiert zwischen 60 und 120 Jahren, abhängig von den Bedingungen vor Ort. Das gegenüber der Baseline gesteigerte Ernte-Szenario wendet die gleichen Waldwirtschaftspraktiken und Umweltgesichtspunkte an wie das Baseline-Szenario.

Tab. 1: Übersicht über die in dieser Studie analysierten Szenarien

Name des Szenarios	Forstbewirtschaftung	Biomasse-Ernte	Biomasse-Nutzung
Baseline	Aktuell (derzeit durchgeführte Forstwirtschaft)	Stammholz, Rinde und 15 % Abraum	Bau, Innenausbau, Industrieholz für Strom, Papier und Zellstoff
Gesteigerte Ernte im Vergleich zur Baseline	Aktuelle Bewirtschaftung; im Vergleich zu heute wird mehr Baum-Biomasse genutzt.	Stammholz, Rinde, 35 % Abfälle (Wipfel, Äste und Nadeln), 20 % Wurzelstöcke	Wie bei der Baseline, jedoch mit gesteigerter Nutzung von Schlagabraum für Bioenergie
Erhöhter Zuwachs	Zuwachs steigt erheblich, nachhaltiges Einschlagniveau, gesteigert um 50 %	Stammholz, Rinde, 35 % Abfälle (Wipfel, Äste und Nadeln), 20 % Wurzelstöcke	Wie bei der Baseline, jedoch erhöhte Ernte, zusätzliches Holz wird für Bau und Bioenergie verwendet.

Quelle: Schwedische Universität für Agrarwissenschaften

Der Unterschied besteht in der Menge an Schlagabraum, der zur Bioenergie-Nutzung geerntet wird. Hier wurde angenommen, dass beim endgültigen Kahlschlag die Entfernung von Schlagabraum und Wurzelstöcken gesteigert wird. Das dritte Szenario mit gesteigertem Zuwachs und intensivierter Waldwirtschaft hat ein erhöhtes Waldwachstum und die anschließende Ernte zum Ziel. Das Erhaltungsniveau an lebenden Bäumen war das gleiche wie in den anderen Szenarien. Es wurden die in Schweden üblichen Waldwirtschaftsmaßnahmen ausgeführt, mit dem Ziel, den Forstertrag zu steigern, einschließlich einer gesteigerten Intensität der Bemühungen zur Wiederbewaldung und dem vermehrten Einsatz der Walddüngung. Durch die Annahme, dass das gesamte Zusatzwachstum geerntet wird, kann davon ausgegangen werden, dass die Entwicklung des Kohlenstoffbestands in der stehenden Biomasse in allen Szenarien, trotz unterschiedlicher Zuwachs- und Ernteniveaus, gleich ist.

Das Niveau an Ernteabraum und Wurzelstöcken entsprach jenem der gegenüber dem Baseline-Szenario gesteigerten Ernte. In allen Szenarien wurde angenommen, dass die Zellstoff- und Papiermärkte relativ stabil sind, während die Märkte für Massivholzprodukte und Bioenergie ein Potenzial für künftiges Wachstum aufweisen (s. Tab. 2). In den Szenarien mit gegenüber der Baseline erhöhter Ernte bzw. gesteigertem Zuwachs ging man davon aus, dass die zusätzliche Biomasse für Bioenergie und/oder für Bauzwecke verwendet wird.

Tab. 2: Überblick über die Szenarien und Annahmen für Ernte, Verbrauch und Außenhandel mit Forsterzeugnissen

	2005	2035*					
Szenario		Baseline		Gesteigerte Ernte im Vergleich zur Baseline		Erhöhter Zuwachs	
Ernte (Mio. t Trockenmasse)							
Stammholz	31,20	35,10	+12 %	35,10	+12 %	48,60	+56 %
Schlagabraum	1,60	1,70	+3 %	3,80	+140 %	3,80	+140 %
Wurzelstöcke	0,00	0,00	0 %	1,70	Neu	1,70	Neu
Verbrauch (Mio. t Trockenmasse)							
Bau, Innenausbau, andere Holzerzeugnisse	2,30	2,50	+12 %	2,50	+12 %	3,50	+56 %
Zellstoff und Papier	2,10	2,30	+12 %	2,30	+12 %	2,30	+12 %
Gesamtes Brennholz	8,10	8,80	+8 %	12,60	+55 %	21,50	+165 %
Außenhandel (Mio. t)							
Export von Holzerzeugnissen	7,90	8,90	+12 %	8,90	+12 %	12,60	+60 %
Export von Zellstoff und Papier	13,70	15,10	+11 %	15,10	+11 %	15,10	+11 %
Import von Holzerzeugnissen	7,10	7,10	konstant	7,10	konstant	7,10	konstant
Import von Zellstoff und Papier	2,10	2,30	+12 %	2,30	+12 %	2,30	+12 %

*lineare Steigerung von 2005 bis 2035; anschließend konstant

Quelle: Schwedische Universität für Agrarwissenschaften

60 Millionen Tonnen CO_2-Emissionen vermieden

Für das Baseline-Szenario wurden die insgesamt im schwedischen Inland vermiedenen CO_2-Emissionen zum Ende des Studienzeitraums auf 14 Mio. Tonnen CO_2-Äq. pro Jahr geschätzt. Betrachtet man den Zeitraum von 1990 bis 2105, beläuft sich die kumulierte CO_2-Reduzierung auf 2.800 Mio. Tonnen CO_2-Äq. Die CO_2-Reduzierungswirkung war im Ausland allerdings größer, wo sie zum Ende des Studienzeitraums 46 Mio. Tonnen CO_2-Äq. pro Jahr betrug, mit einer kumulierten CO_2-Reduzierung von 4.900 Mio. Tonnen CO_2-Äq. für den Zeitraum von 1990 bis 2105.

Nach den Annahmen dieser Analyse gewährleisten die schwedischen Forstwirtschaftspraktiken unter einer globalen Perspektive somit reduzierte bzw. vermiedene CO_2-Emissionen in einer Größenordnung von 60 Mio. Tonnen CO_2-Äq. pro Jahr. Dies entspricht der Menge der derzeit in Schweden verzeichneten jährlichen CO_2-Emissionen, die sich im Jahr 2011 auf 61 Mio. Tonnen CO_2-Äq. beliefen. Stoffliche und energetische Substitution sowie Kohlenstoffbestandsveränderungen in Wald und Boden waren für den Großteil des Gesamteffekts verantwortlich (s. Abb. 3).

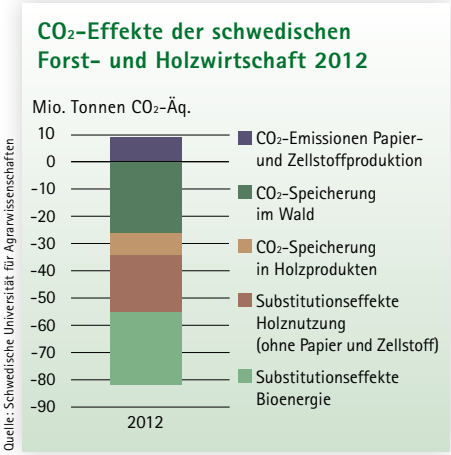


Abb. 3: Globale THG-Reduzierung durch die schwedische Forstwirtschaft im Baseline-Szenario für 2012

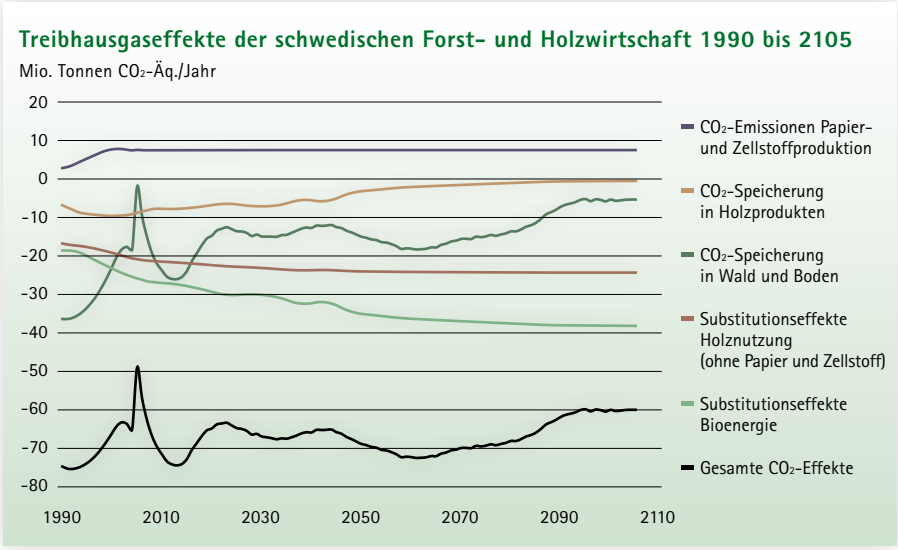


Abb. 2: Globale Reduzierung von Treibhausgasen durch die schwedische Forstwirtschaft im Baseline-Szenario – negative Werte stellen Verringerungen des atmosphärischen CO_2-Gehaltes dar.

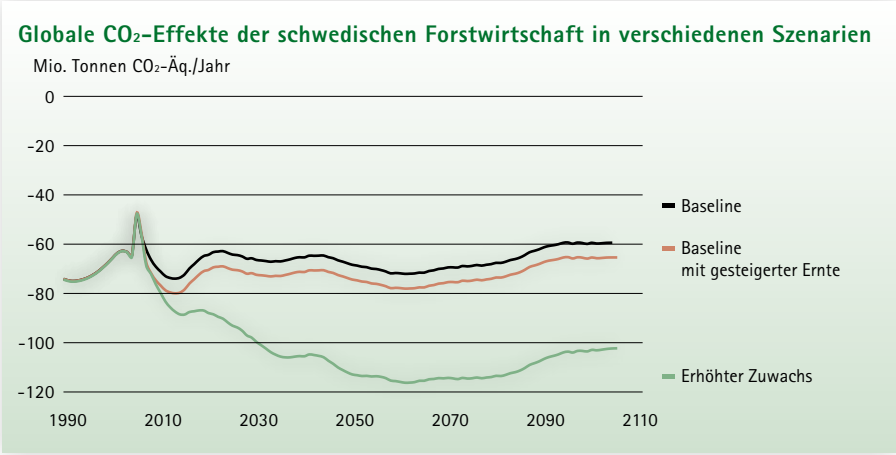
Der Spitzenwert im Jahr 2005 war durch einen gravierenden Sturm (Orkan „Gudrun") bedingt, der zu signifikanten Waldbiomasse-Verlusten im Forst führte und eine Quelle von CO_2-Emissionen war. Die Mehrzahl der durch den Sturm geworfenen Bäume wurde geerntet – allerdings wurde nicht das gesamte Nutz- und Brennholz im gleichen Jahr verwertet. Daher konnten die Substitutionswerte die Auswirkungen im Wald nicht kompensieren. Es ist zudem erwähnenswert, dass die stofflichen Substitutionseffekte von Zellstoff und Papier negativ waren, da man davon ausging, dass Zellstoff und Papier nicht ersetzt werden können. Die Nutzung der Waldbiomasse für die Produktion von Zellstoff und Papier hatte erhebliche CO_2-Emissionen zur Folge.

Tab. 3: Durchschnittlicher Emissionsreduzierungseffekt in CO_2-Äq. für einen Kubikmeter Biomasse

Waldbewirtschaftungs-Szenarien	kg CO_2-Äq./m^3
Baseline	466
Erhöhter Zuwachs	546
Erhöhter Zuwachs, marginaler Effekt	719

Quelle: Schwedische Universität für Agrarwissenschaften

Im Vergleich zum Baseline-Szenario waren die positiven Einflüsse auf das Klima für die Szenarien mit höheren Biomasse-Erträgen größer (s. Abb. 4). Für das Szenario mit der gesteigerten Ernte belief sich die gesamte Emissionsreduzierung zum Ende des Studienzeitraums auf 66 Mio. Tonnen CO_2-Äq. pro Jahr, für das Szenario mit gesteigertem Zuwachs auf jährlich 103 Mio. Tonnen CO_2-Äq. Betrachtet man den Zeitraum von 1990 bis 2105, beläuft sich die kumulierte CO_2-Reduzierung für die gesteigerte Ernte auf 8.200 Mio. Tonnen CO_2-Äq. und für das gesteigerte Wachstumsszenario auf 11.200 Mio. Tonnen CO_2-Äq., im Vergleich zum Baseline-Szenario mit 7.700 Mio. Tonnen CO_2-Äq. Der durchschnittliche THG-Emissions-Reduzierungseffekt pro Kubikmeter geernteter Biomasse für die Szenarien mit gesteigerter Ernte und gesteigertem Zuwachs belief sich am Ende des Studienzeitraums auf 466 kg bzw. 546 kg (Tab. 3). Der marginale Effekt des im Szenario mit gesteigertem Zuwachs zusätzlich geernteten Holzes lag bei 719 kg CO_2 pro Kubikmeter geernteter Biomasse. Dies war hauptsächlich durch gesteigerte Substitutionseffekte bedingt, da angenommen wurde, dass das zusätzlich geerntete Holz vor allem zu Bau- und Energiezwecken verwendet wurde.



Quelle: Schwedische Universität für Agrarwissenschaften

Abb. 4: Gesamte THG-Reduzierungswirkung der schwedischen Forstwirtschaft für verschiedene Szenarien

© Schwedische Universität für Agrarwissenschaften

Die nachhaltige Bewirtschaftung der schwedischen Wälder ist die Voraussetzung für den Ersatz fossiler Bau- oder Brennstoffe durch Holzprodukte.

Ohne Waldbewirtschaftung keine Holzprodukte

Eine alternative Strategie zur Eindämmung des Klimawandels besteht darin, die Waldbewirtschaftung einzustellen, das heißt, keine Bäume mehr zu fällen, damit die Wälder weiter wachsen und sich die Wald-Kohlenstoffbestände im Lauf der Zeit erhöhen. Kurzfristig kann dies eine effiziente Strategie darstellen. Unsere Studie zeigt, dass der durchschnittliche CO_2-Emissions-Reduzierungseffekt in einem bewirtschafteten Wald in einer Größenordnung von 500 kg CO_2/m^3 geernteter Biomasse liegt. Da ein Kubikmeter Biomasse, je nach Holzdichte, 700 bis 900 kg CO_2 enthält, wäre eine Erhöhung des Waldbestands eine effiziente Maßnahme zur Eindämmung des Klimawandels, sofern die Waldbestände weiterhin wachsen könnten. Konzentriert man sich allerdings ausschließlich auf die Erhöhung des Kohlenstoffbestands auf diese Weise, stellt dies nur eine eingeschränkte Klimaschutzstrategie dar, da es nicht möglich ist, uneingeschränkte Mengen an Kohlenstoff im Wald zu speichern. Würde diese Methode umgesetzt, würden sich die Waldreserven in Schweden anfänglich erhöhen, jedoch irgendwann ein neues Gleichgewicht zwischen Wachstum und natürlichem Verfall erreichen. Sobald dieses Gleichgewicht erreicht ist, wäre die „unkultivierte Forstlandschaft" im Prinzip CO_2-neutral, das heißt, Kohlenstoff würde in signifikantem Umfang weder eingelagert noch freigesetzt.

Ein weiterer Effekt bestände darin, dass die Möglichkeiten für eine nachhaltige Ernte der Waldbiomasse für den Verbrauch wegfielen. Der Verbrauch müsste dann entweder eingeschränkt werden oder mit anderen Materialien als erneuerbaren Waldprodukten erfüllt werden, das bedeutet, mit energieintensiveren Materialien, fossilen Brennstoffen oder anderen Energiequellen.

Die Einstellung der Ernte und der Aufbau des Wald-Kohlenstoffbestands birgt zudem erhebliche Risiken aufgrund der Möglichkeit von Waldbränden, Stürmen oder Insektenkalamitäten. Die starke Abnahme des Wald-Kohlenstoffbestands im Jahr 2005 infolge eines heftigen Sturms zeigt, dass natürliche Waldschäden erhebliche CO_2-Emissionen verursachen können und dass ein zunehmender Holzvorrat nicht ohne Risiken ist.

Kohlenstoffdynamik im Waldboden

In schwedischen Waldböden sind große Mengen Kohlenstoff gespeichert, aber der Kohlenstoffbestand und seine kurzfristigen Veränderungen können zwischen verschiedenen Standorten erheblich schwanken. Die langfristige Erfassung des Kohlenstoffbestands in schwedischen Waldböden weist auf eine stetige Erhöhung im Lauf der Zeit hin; zudem ist normalerweise eine positive Beziehung zwischen Zuwachs und Kohlenstoffakkumulierung zu finden. Die Kohlenstoffakkumulation im Boden kann auch negativ beeinflusst werden, wenn zusätzliche Biomasse geerntet wird, wie dies in den Szenarien der vorliegenden Studie der Fall ist, wo man davon ausgeht, dass zusätzliche Reste und Wurzelstöcke geerntet werden.

Derzeit liegen nur eingeschränkte Kenntnisse über die Boden-Kohlenstoffdynamik in Bezug auf die verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien vor. Trotzdem wurde für alle Szenarien eine ähnliche Boden-Kohlenstoffdynamik zugrunde gelegt. Es ist möglich, dass dies für das Szenario mit gesteigerter Ernte gegenüber dem Baseline-Szenario zu einer Überschätzung der Kohlenstoffbilanz geführt hat, da in Studien nachgewiesen wurde, dass eine gesteigerte Biomasseernte die Boden-Kohlenstoffspeicher in schwedischen Waldböden verringert, wenn Nadeln, Zweige und Wipfel vollständig entfernt werden. In der vorliegenden Studie waren die Entfernungsraten allerdings deutlich niedriger als in diesen Studien und die Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien nur gering. Es ist auch möglich, dass die Kohlenstoffbilanz für das Szenario mit gesteigertem Zuwachs unterschätzt wurde, da normalerweise eine positive Beziehung zwischen Zuwachs und Bodenkohlenstoff-Akkumulation besteht.

Es ist offensichtlich, dass erhebliche Unsicherheiten in einem komplexen Modellierungsversuch wie dem hier vorgestellten liegen. Viele der angegebenen Resultate sind von den gemachten Annahmen abhängig. Der Zuwachs wurde unter Verwendung des bekannten und geprüften HUGIN-Modells angenommen, welches bereits für zahlreiche Studien in Bezug auf die Konsequenzen der verschiedenen Waldbewirtschaftungsszenarien auf regionaler und nationaler Ebene in Schweden verwendet wurde.

Schlussfolgerungen

Unter Verwendung der Holzfluss-Modellierung für die potenzielle Produktion und Nutzung von schwedischen Forstprodukten wurden die Anteile von Kohlenstoff an den Effekten im Inland und Ausland berechnet. Die wesentlichen Schlussfolgerungen aus dieser Studie lauten:

- Die aktuellen forstwirtschaftlichen Praktiken in Schweden und die Nutzung von Waldprodukten können im In- und Ausland zu einer jährlichen Reduzierung der CO_2-Emissionen führen, die praktisch den gesamten THG-Emissionen pro Jahr in Schweden entsprechen, im Vergleich zu einem Szenario, in dem keine waldbasierten Produkte verfügbar sind.
- Die Vorteile der CO_2-Reduzierung kommen hauptsächlich im Ausland und nicht im Inland zum Tragen. Dies liegt am hohen Anteil an exportierten Holzprodukten aus Schweden und dem höheren Substitutionseffekt im Ausland.

JENZ Österreich GmbH · Mitterfeld 9 · A-3072 Kasten
Tel.: +43 (0) 2744/7819 · www.jenz.at · n.goldnagl@jenz.at

JENZ

- Intensivere Waldwirtschaftsmethoden erhöhen die Forstproduktion und können damit eine effektive Möglichkeit darstellen, die CO_2-Emissionen noch weiter zu reduzieren.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie ist es offensichtlich, dass die Effekte der Waldproduktion und der Handel mit Holzprodukten wichtige Faktoren zur Ermittlung des Gesamt-Klimanutzens darstellen. Um die heimische schwedische CO_2-Bilanz zu optimieren, sollten die Holzressourcen für Massivholzprodukte (Schnittholz, Holzplatten etc.) oder zur Energieerzeugung anstatt für die Zellstoff- und Papierherstellung genutzt werden. Aus einer globalen und langfristigen Perspektive sind energetische und stoffliche Substitutionseffekte wesentlich wichtiger als Effekte der Bestandesänderung. Die Substitutionseffekte, die auf der weiteren Ernte von Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern beruhen, ermöglichen eine dauerhafte und nachhaltige Eindämmung der CO_2-Emissionen.

Hinweis

Eine Übersetzung der diesem Artikel zugrunde liegenden Studie „Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation" (Link: *www.mdpi.com/journal/forests*) ist unter *www.biomasseverband.at/veranstaltungen/tagungen-und-vortraege/nachhaltiger-klimaschutz* verfügbar.

Professor Tomas Lundmark
Abteilung für Forstökologie und Forstmanagement,
Schwedische Universität für Agrarwissenschaften (SLU), Umeå,
Tomas.Lundmark@slu.se

Josef Aschbacher

Klimawandel aus der Satellitenperspektive

Das Verständnis des Klimawandels ist eine der größten Herausforderungen für die Menschheit in diesem Jahrhundert. Auch wenn es Unsicherheiten über das Ausmaß der Klimaänderungen gibt, ist eindeutig erwiesen, dass unsere Welt sich erwärmt und dass dies schneller geschieht als jede andere Erwärmung in der Erdgeschichte. Dies könnte drastische Auswirkungen zur Folge haben, wie das Abschmelzen des Polareises, den Anstieg des Meeresspiegels, einen Mangel an Süßwasser und häufigere und stärkere Extremwetterereignisse, die beispielsweise zu Hochwasser oder Dürren führen können. Dies wird wiederum schwerwiegende Folgen für die Gesellschaft, die Umwelt und die Wirtschaft haben. Effektive Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen müssen ergriffen werden, um die Gefahren für Umwelt und Menscheit zu verringern. Allerdings beinhalten die Prognosen zum Klimawandel noch Unsicherheiten, und die Analyse der aktuellen Trends wird durch den Mangel an geeigneten Informationen beeinträchtigt.

Copernicus-Klimawandel-Service

Das Copernicus-Programm der Europäischen Weltraumorganisation ESA stellt den europäischen Bürgern die weltweit anspruchsvollsten weltraumgestützten Dienste für Umwelt- und Sicherheitsanwendungen zur Verfügung. Copernicus liefert Angaben zu Landflächen, Ozeanen und der Atmosphäre, um die Gestaltung der Umwelt- und Sicherheitspolitik sowie den Bedarf einzelner Bürger und Diensteanbieter zu unterstützen. Der Klimawandel-Service des Copernicus-Programms ist die Antwort auf die ökologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen der vom Menschen verursachten Klimaänderungen. Der Dienst verschafft Zugang zu Informationen über die Überwachung und Vorhersagen des Klimawandels und soll damit helfen, den Klimaschutz zu unterstützen. Der Service wird von einem Netzwerk aus satellitengestützten Beobachtungen und Messungen unmittelbar vor Ort unterstützt. Weiters fließen darin Re-Analysen von Modellszenarien zum Weltklima, die auf einer Reihe von Klimaprognosen basieren, mit ein.

Das globale Klimabeobachtungssystem (GCOS) hat 50 Parameter, die als wesentliche Klimavariablen bekannt sind, identifiziert. Etwa die Hälfte dieser Parameter beruhen auf Satellitenbeobachtungen. Die Aufnahme zukünftiger Klimadaten hängt entscheidend von weltraumgestützten Beobachtungen ab.

Die Sentinel-Satelliten des Copernicus-Programms befassen sich mit der Mehrheit der satellitengestützten Parameter, einschließlich zum Beispiel:

- Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Meereseis, Eisschilde, Gletscher und Bodenfeuchte (Sentinel-1)
- Bodenbedeckung, Schneebedeckung, Flüsse und Seen, Gletscher und Eiskappen (Sentinel-2)
- Oberflächentemperatur von Meer, Land und Meeresspiegel, Farbe des Ozeans, der Wolkenoberhöhe und der Wolkendecken (Sentinel-3)

© ESA

Der Satellit Sentinel-1 misst Windgeschwindigkeit, Meereseis, Eisdecken, Gletscher und Bodenfeuchte.

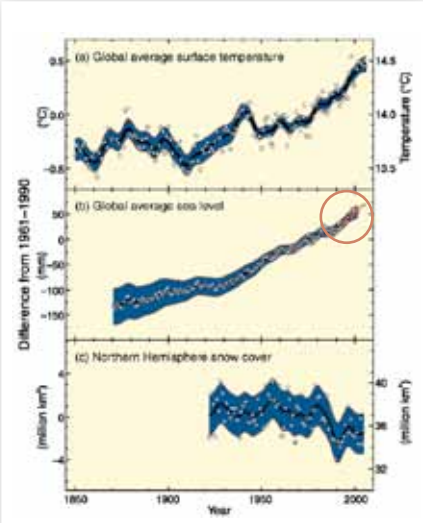
- Kohlendioxid, Methan, Ozon und andere langlebige Treibhausgase sowie Aerosole (Sentinel-4, -5 und-5P)

Satellitendaten bestätigen konventionelle Messungen

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change = IPCC), der von Tausenden von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt auf freiwilliger Basis unterstützt wird, bietet in seinem Weltklimabericht eine regelmäßige Bewertung der neuesten Klimaerkenntnisse.

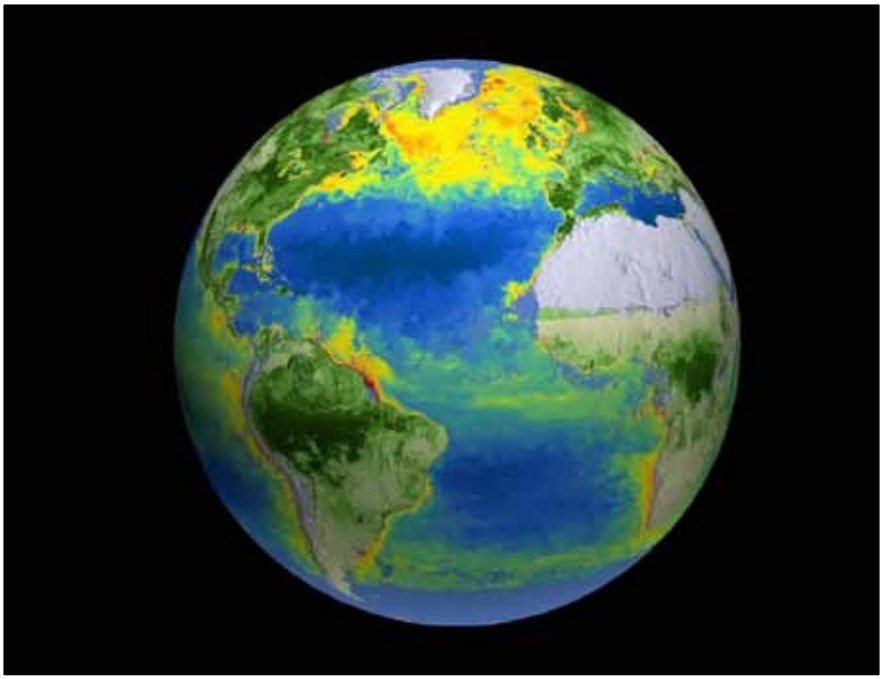
Abb. 1. aus dem Weltklimabericht zeigt die beobachteten Veränderungen (a) der globalen durchschnittlichen Oberflächentemperatur, (b) des globalen durchschnittlichen Meeresspiegels und (c) der Schneedecke der Nordhalbkugel von März bis April. Alle Werte sind von konventionellen Daten abgeleitet – bis auf die Messungen der Meeresoberfläche während der vergangenen 30 Jahre, die auf Satellitendaten basieren (roter Bereich im Kreis). Obwohl die relativ kurzen Aufzeichnungen von nur 30 Jahren immer noch ihre umfassende Verwendung in Klimamodellen verhindern, werden Satellitenbeobachtungen angesichts ihrer Wirksamkeit mehr und mehr von Klimatologen hinzugezogen.

Dr. Josef Aschbacher
Leiter Koordinierungsbüro für Erdbeobachtungen, European Space Agency – ESA, josef.aschbacher@esa.int



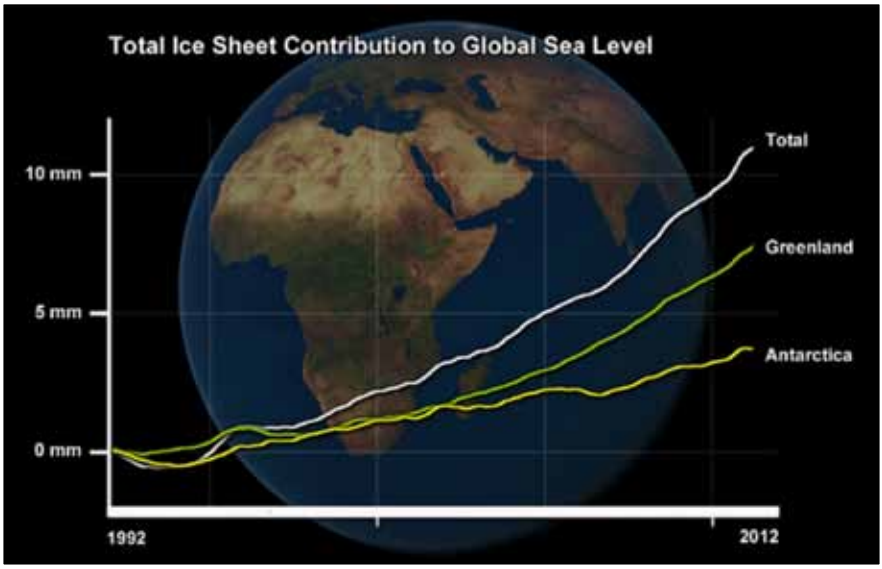
Quelle: ESA

Abb. 1: Die Satellitenbeobachtungen (roter Bereich im Kreis) bestätigen den Trend der konventionellen Messdaten beim weltweiten Anstieg des Meeresspiegels.



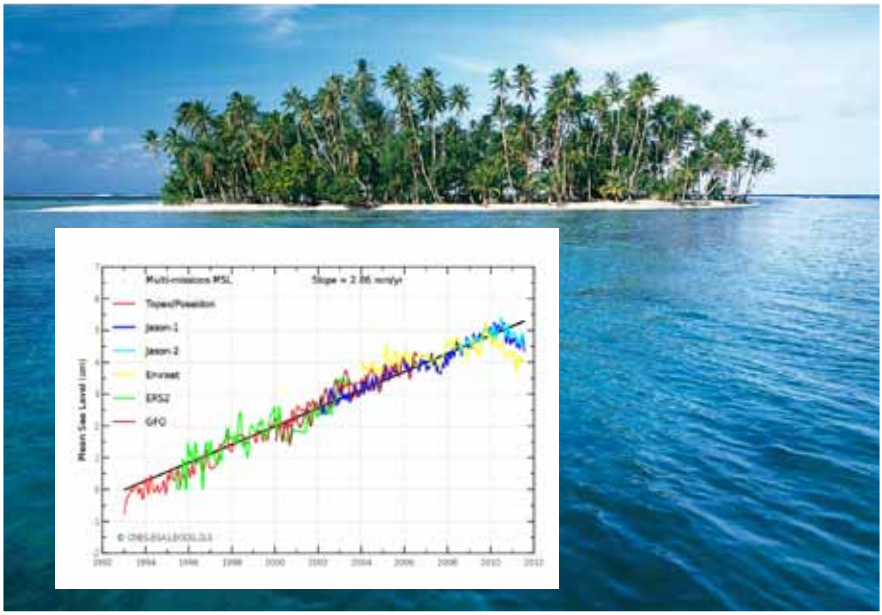
© ESA

CO_2-Konzentration im Land und in den Meeren, dunkle Bereiche weisen eine hohe CO_2-Konzentration auf.



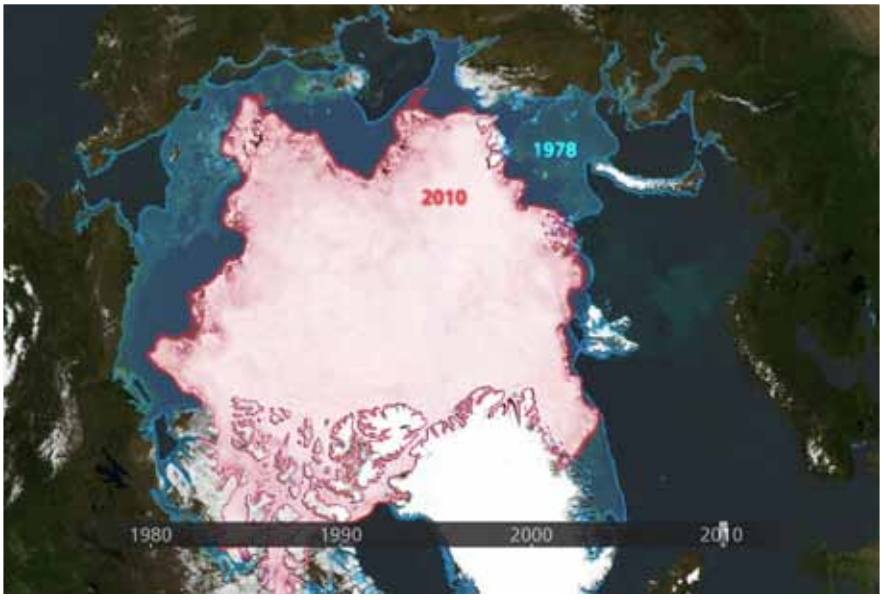
© ESA

Beitrag der Eisschmelze zum weltweiten Anstieg des Meeresspiegels.



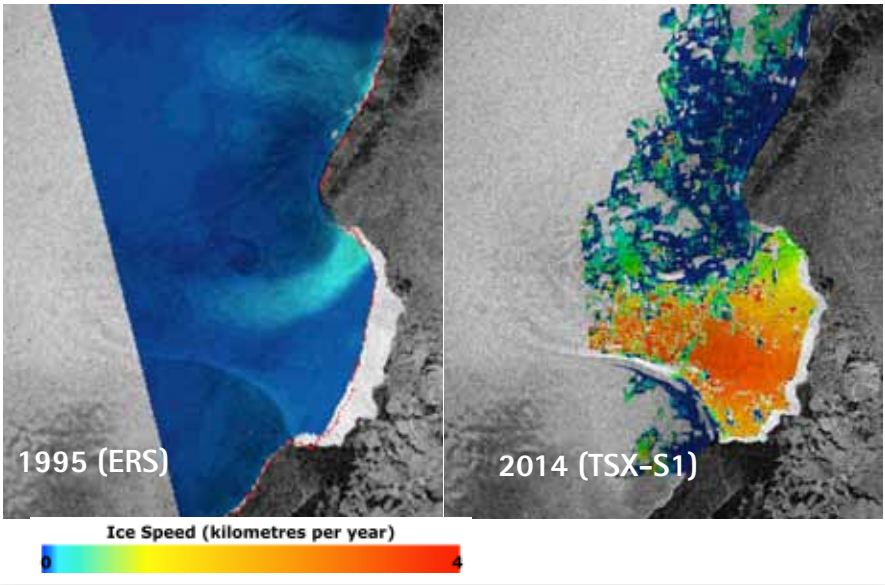
© ESA

Der globale Anstieg des Meeresspiegels ist einer der wichtigsten Indikatoren für den Klimawandel – präzise Satelliten-Messungen sind auch für die sozio-ökonomischen Folgen dieses Phänomens von entscheidender Bedeutung.



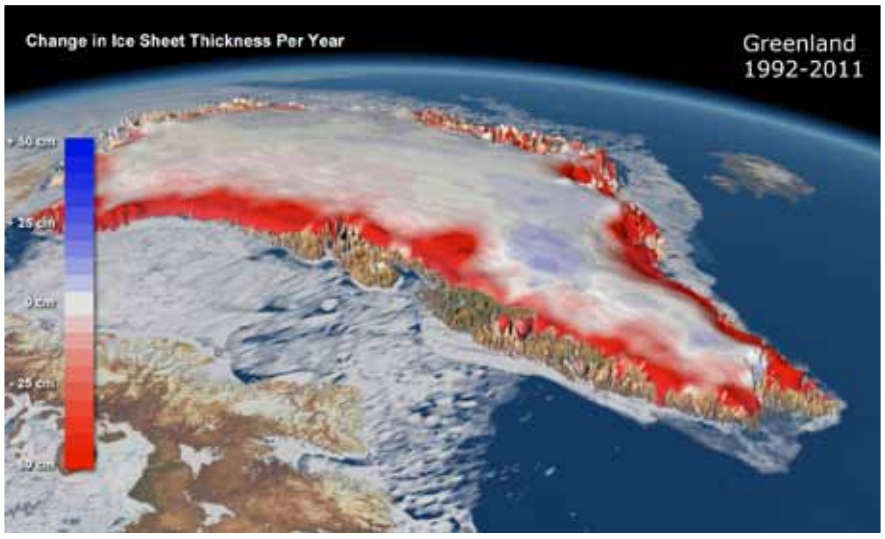
© ESA

Abnahme der arktischen Eisbedeckung zwischen 1978 und 2010



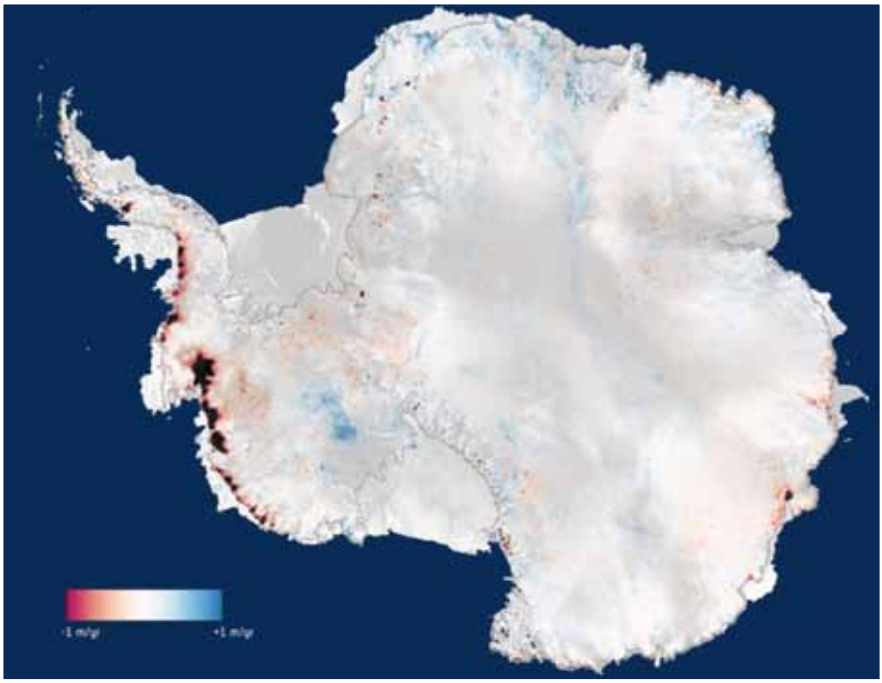
© ESA

Die erste jemals vorgenommene Kombination einer S1A-Stripmap und TerraSAR-X-Satellitendaten ermöglichte die Darstellung der starken Beschleunigung des Eisflusses dieses Gletschers am Cap Mohn (Svalbard-Archipel, nördlichster Teil Norwegens) auf dieser Karte. Während 1995 noch fast keine Eisbewegung auszumachen ist, sind im Jahr 2014 aufgrund der Klimaerwärmung Fließgeschwindigkeiten von bis zu 4 km pro Jahr messbar.



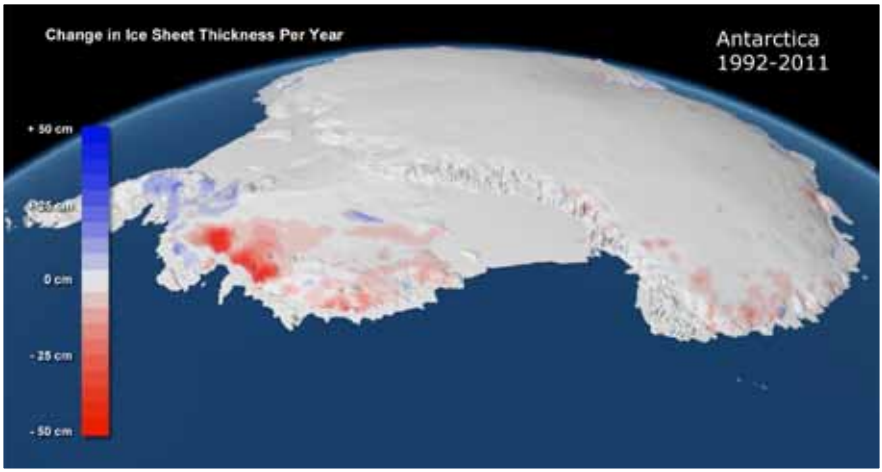
© ESA

Mittels Einsatz von zehn Satelliten konnte die ESA in Kooperation mit der NASA kürzlich nachwiesen, dass die Eisbedeckung auf Grönland dramatisch abgenommen hat. Die Zunahme des Eises im Binnenteil der Insel aufgrund von Niederschlägen ist deutlich geringer als der drastische Schwund an den Rändern Grönlands. Zuvor hatte 20 Jahre lang Uneinigkeit zwischen Forschern geherrscht, ob das Grönlandeis zu- oder abnehme.



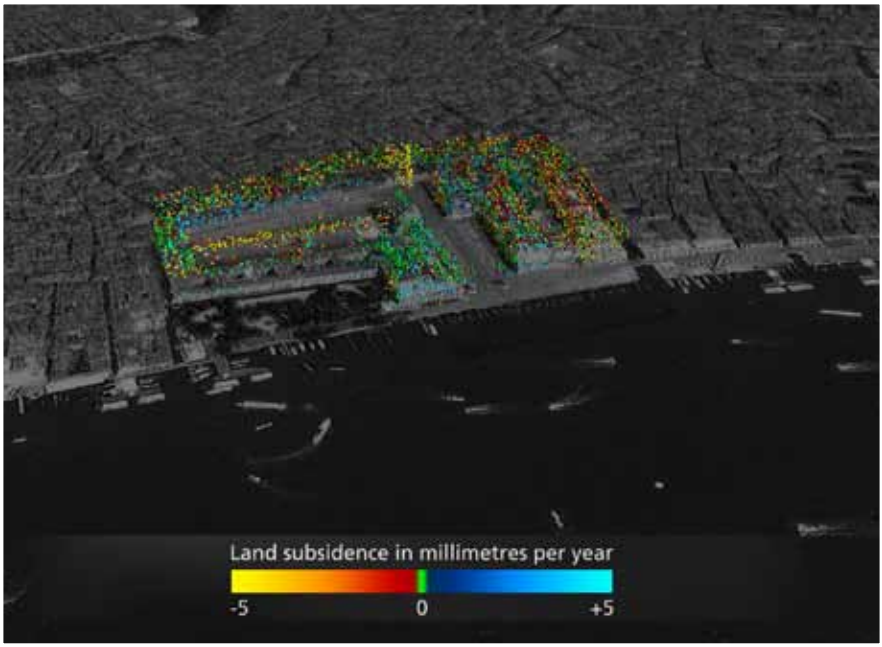
© ESA

Drei Jahre Messungen von CryoSat zeigen, dass die Eisdecke in der Antarktis jährlich um 159 Milliarden Tonnen abnimmt. Dies lässt den Meeresspiegel jedes Jahr um etwa einen halben Millimeter ansteigen. Am stärksten ist das Ausdünnen der Gletscher in der Amundsen See in der Westantarktis. Der Eisverlust ist um ein Drittel höher als die Messungen vor Einsatz des CryoSat ergaben.



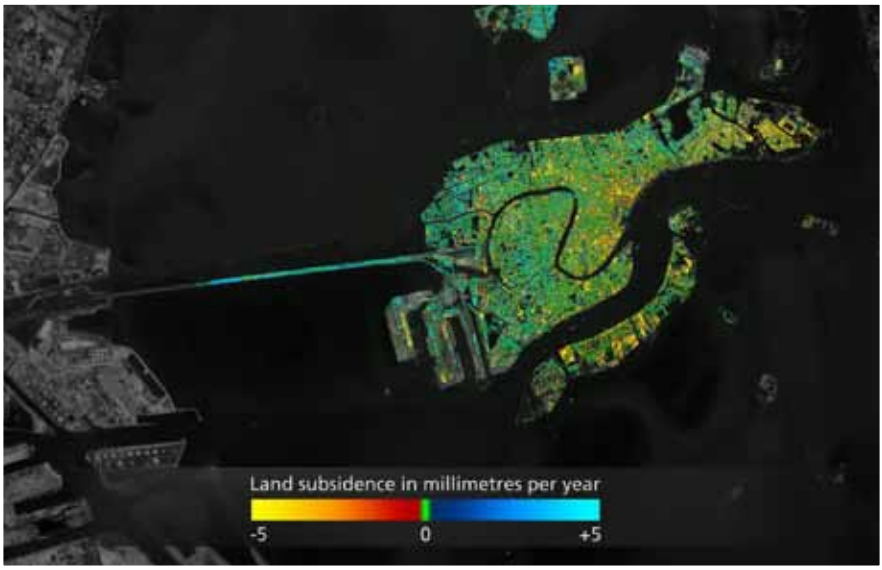
© ESA

Jährliche Änderung der Eisbedeckung in der Antarktis von 1992 bis 2011. Die Schmelze hat seit 1992 zu einem Anstieg des Meeresspiegels um über 11 mm geführt. Der Eisverlust ist inzwischen dreimal so hoch wie in den 1990er-Jahren.



© ESA

Markusplatz in Venedig: Die farbigen Punkte zeigen die jährlichen Vertikalbewegungen der Landfläche im Mittelmeer an.

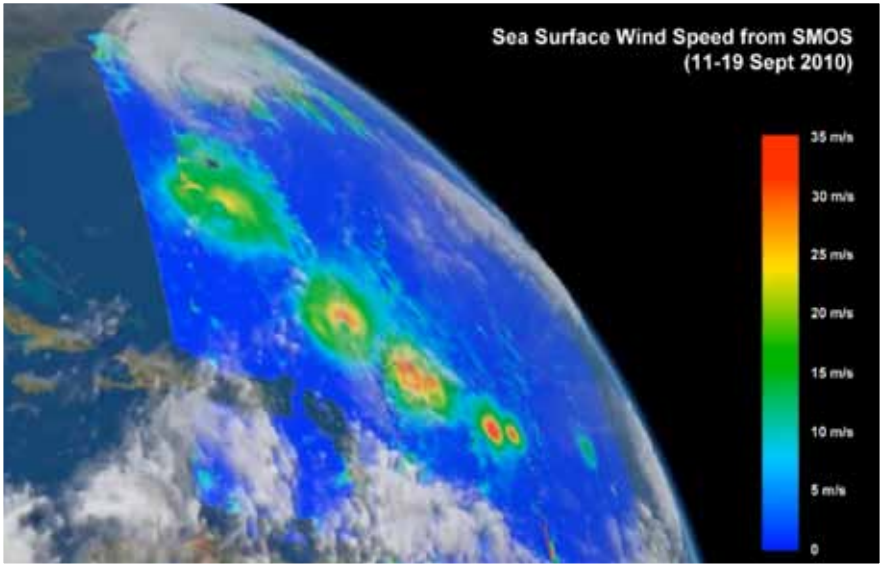


© ESA

Venedig mit dem deutlich erkennbaren Canale Grande; auch hier markieren die Farbpunkte die Bodensenkungen bzw. Bodenhebungen mit hoher Genauigkeit.

© ESA

Überflutungen in Charron an der französischen Atlantikküste als Folge des verheerenden Orkans Xynthia am 28. Februar 2010 – die Abbildung wurde aus Envisat-, Radarsat- und Spot-Daten erstellt.

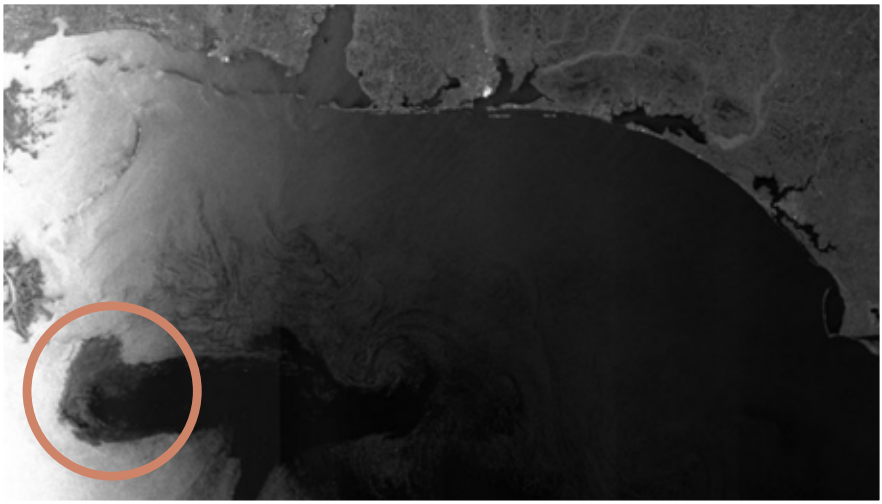


© ESA

Der atlantische Hurrikan Igor im September 2010: Die Beobachtungen der Helligkeitstemperatur bieten eine völlig neue Informationsquelle für die Verfolgung von Wirbelstürmen. Starke Winde über den Ozeanen schüren Wellen und Schaumkronen, die wiederum Einfluss auf die von der Oberfläche emittierte Mikrowellenstrahlung haben. Aus den Veränderungen der emittierten Strahlung kann direkt auf die Stärke des Windes geschlossen werden.

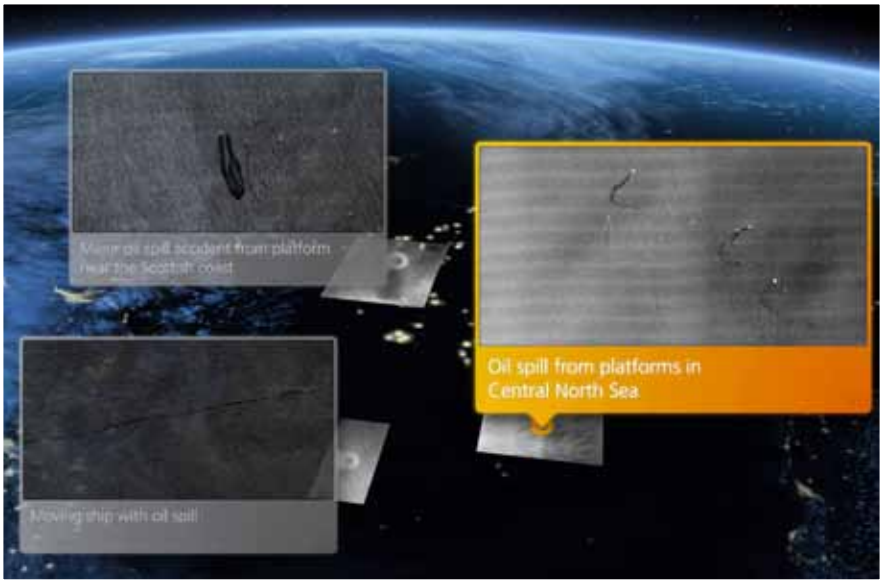
© ESA

Satellitenbilder des tropischen Zyklons Beijisa, der im Jänner 2014 mit Windgeschwindigkeiten von bis 150 km/h über die französische Insel La Réunion im Indischen Ozean fegte. Als Folge brach die Strom- und Wasserversorgung zusammen. Der Sturm zog Schäden von 63 Mio. Euro nach sich. Rote Punkte kennzeichnen beschädigte Gebäude.



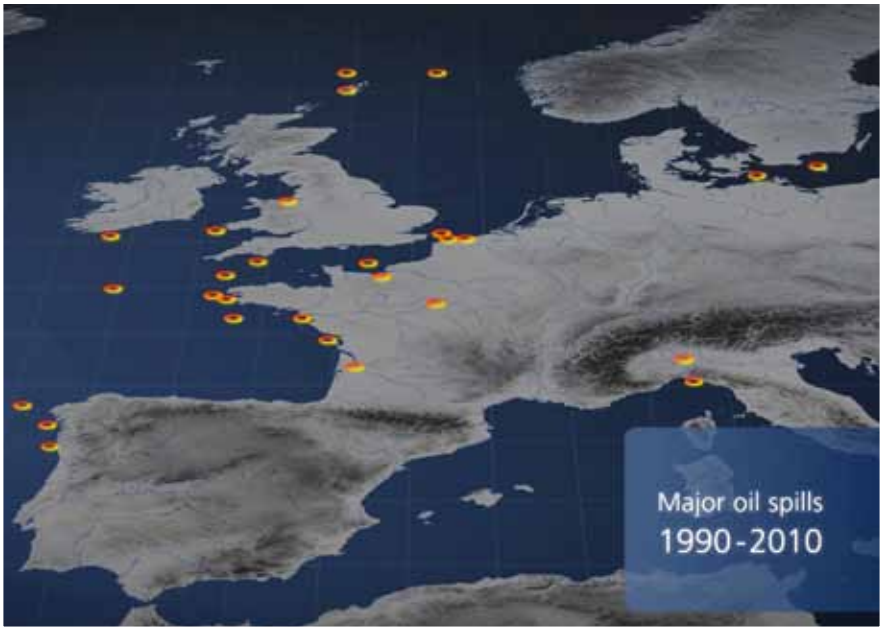
© ESA

Ölpest im Golf von Mexiko im April 2010 nach Explosion der BP-Ölbohrplattform Deepwater Horizon, die zu einer Umweltkatastrophe gigantischen Ausmaßes führte – im Bild ist der Ölteppich links als schwarzer Wirbel sichtbar.



© ESA

Ölverschmutzungen in der Nordsee: aus einer Bohrplattform an der schottischen Küste (oben links), verschiedenen Bohrplattformen der zentralen Nordsee (rechts) und aus einem fahrenden Schiff (unten links)



© ESA

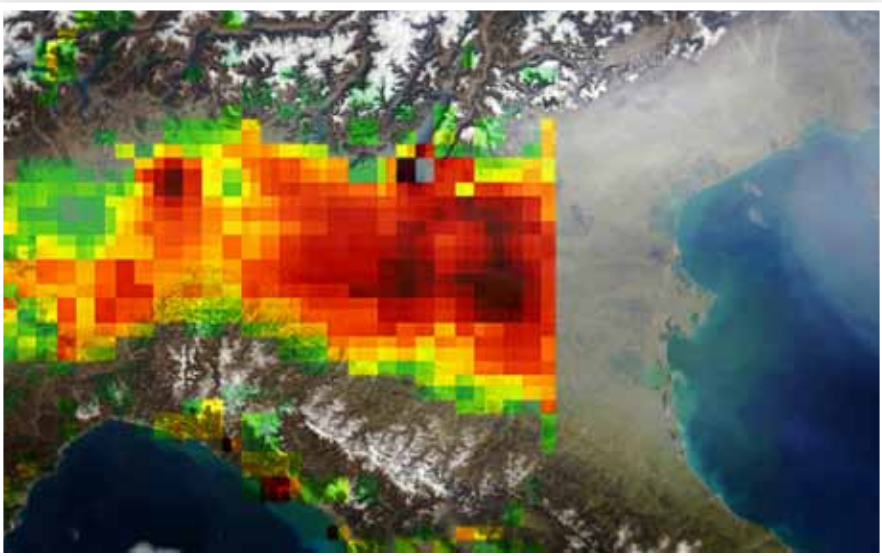
Ölverschmutzungen in Europa im Zeitraum von 1990 bis 2010

© ESA

Durch die anhaltende Hitze und Trockenheit, unterstützt von starken Winden, kam es in Griechenland, insbesondere auf dem Peloponnes, Ende August 2011 zu erheblichen Waldbränden – insgesamt brachen 90 Brände aus.

© ESA

Aus der Satellitenperspektive ist der Verlauf der Brände gut erkennbar.



ESA ©

Luftverschmutzung in der Poebene, die nach dem Zweiten Weltkrieg zur am stärksten industrialisierten Großregion Italiens wurde (rot = hohe NO_x-Belastung, gelb = mittlere NO_x-Belastung, grün = niedrige NO_x-Belastung)

Besuchen Sie die Homepage des ÖBMV!

www.biomasseverband.at

- Bilddatenbank mit über 1.000 Fotos
- alle Publikationen in digitaler Form
- Präsentationen und Videos von Veranstaltungen
- Heizkostenrechner
- aktuelle Förderübersicht u.v.m.

Martin Jänicke

Globale Perspektiven der Klimapolitik: Wo stehen wir?

Die in den vergangenen Jahrzehnten beobachtete Beschleunigung des Klimawandels ist eine Herausforderung für die Klimapolitik. Kann diese ihre Geschwindigkeit erhöhen? Im Hinblick auf das extrem langsame Tempo der internationalen Klimaverhandlungen erscheint diese Frage fast utopisch. Es gibt allerdings einen offensichtlichen Erfolgspfad der Klimapolitik: die boomenden Märkte klimafreundlicher Technologien und die rasche Ausbreitung von politischen Maßnahmen, die sie auf unterschiedlichen Ebenen des globalen Mehrebenensystems fördern.

Der Erfolgspfad, der so auffällig mit der Misere internationaler Klimaverhandlungen kontrastiert, ist eine Klimapolitik in den Kategorien der Industriepolitik. Es geht um Strategien, die klimapolitische Ziele in die Logik von Innovations- und Marktprozessen übersetzen. Ihre Stärke liegt darin, dass sie auf unterschiedlichen politischen Ebenen ökonomische Interessen für Klimaziele mobilisieren. Im Gegensatz zu den bisherigen Klimaverhandlungen ist eine von Vorreitern ausgehende Innovationsdiffusion eine starke Option der Klimapolitik.

Entscheidende Herausforderung der Klimaproblematik ist ein umfassender technischer Wandel in Richtung kohlenstoffarme Prozesse und Produkte. Und der betrifft vorrangig die industriepolitische Forcierung marktgängiger klimafreundlicher Technologien. Dieser Wandel kommt einer industriellen Revolution gleich, wie wir sie auch in den vergangenen beiden Jahrhunderten erlebt haben [31]. Es geht um einen anspruchsvollen, politischen Prozess globaler ökologischer Modernisierung, der das Niveau technischen Wandels übersteigt, das Märkte aus eigener Kraft hervorbringen können. Für eine angemessene Wir-

Tab. 1: Beschleuniger der Diffusion klimafreundlicher Technik

	Akzelerator	Ebene	Mechanismus	Effekt
Mehrebenen-Politik (Mulitilevel Governance)	Interaktive Innovationszyklen	National	Anspruchsvolle Maßnahmen mit politischer Rückkopplung	Nationale Markt- und Innovationsdynamik
	Lead-Markt	National/ global	Markt- und Exportförderung; Refinanzierung von Lernkurven	Internationale Technikdiffusion
	Diffusion fördernder Politiken	National/ global	„Lesson-Drawing", „Trendy solutions"	Wachsende globale Nachfrage
	Subnationale Rückkopplung	Subnational	Vertikal induzierte horizontale Innovationsdynamik	Diffusion kommunaler/ regionaler Best Practice

Quelle: Jänicke, 2013

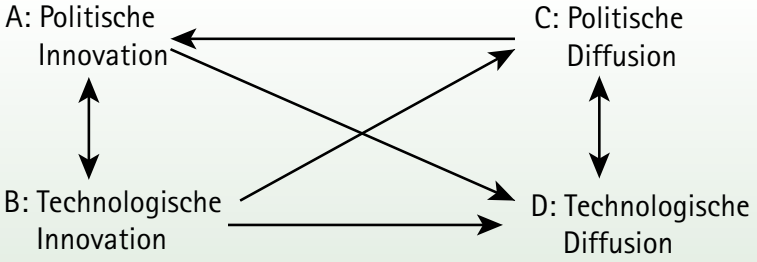
kung muss dieser Prozess anspruchsvolle Kriterien erfüllen: Erstens müssen die Innovationen im ökologischen Effekt radikal sein, über schrittweisende erfolgende Innovationen hinausgehen und „Rebound-Effekte" minimieren. Zweitens geht es um die Langfristigkeit und Breitenwirkung der Effekte. Wegen der Globalität des Problems muss drittens ein hohes Diffusionsniveau erreicht werden: Klimafreundliche Technologien müssen sich weltweit ausbreiten. Viertens ist ein sehr hohes Ausbreitungstempo erforderlich, wenn die Wirkungen rechtzeitig erfolgen sollen. Um die letzten beiden Dimensionen des erforderlichen technischen Wandels, das hohe Diffusionsniveau und das hohe Diffusionstempo des globalen technischen Wandels, geht es in diesem Beitrag. Er befasst sich mit empirisch beobachtbaren Verstärkungseffekten der Ausbreitung klimafreundlicher Technik im globalen Mehrebenensystem. (s. Tab. 1).

Die Interaktion von Politik und Technik in der Innovationsdiffusion

Für die Ausbreitung klimafreundlicher Technologien haben Staat und Politik eine besonders hohe Bedeutung, weil das für einen effektiven globalen Klimaschutz erforderliche Ausbreitungstempo und -niveau zusätzliche Anstrengungen erfordert. Es kommt hierbei zu einem Wechselspiel von Politik und Technik (s. Abb. 1). Dabei können technische Innovationen der Klimapolitik neue Optionen bieten. Eine industriepolitisch angelegte Klimapolitik kann wiederum den Innovatoren Hilfestellungen bei der Marktentwicklung bieten, sei es durch Markteinführungshilfen, öffentliche Beschaffung oder Regulationen. Diese Maßnahmen können ebenso diffundieren wie die von ihnen begünstigte Technik. Der Rolle von Pionierunternehmen entspricht die Rolle von Pionierländern. In der Regel bilden technische Neuerungen den Ausgangspunkt dieses Wechselspiels. Ein starker politischer Impuls kann aber auch den technischen Innovationsprozess anregen.

Interaktive Innovationszyklen bei klimafreundlichen Technologien

Dass wachsende Märkte für technische Neuerungen eine sekundäre Nachfrage nach Innovationen hervorrufen, welche



Von der Politik eingeleitete Diffusion
Forcierung einer neuen Technologie
(A => B => C => D): z. B. US-Kraftfahrzeug-Emissionsstandards 1970
Politische Initiative
(A => B => D => C):
z. B. Ersatzstoffe für Cadmium
Politische Dominanz
(A => C => B => D): noch kein Beispiel?

Von der Technologie eingeleitete Diffusion
Technologische Initiative
(B => A => C => D): z. B. Windkraft
Technologische Dominanz
(B => A => D => C): z. B. KWK-Technologien
Selbständige Diffusion
(B => D): z. B. zunehmende Verbesserungen der Energieeffizienz

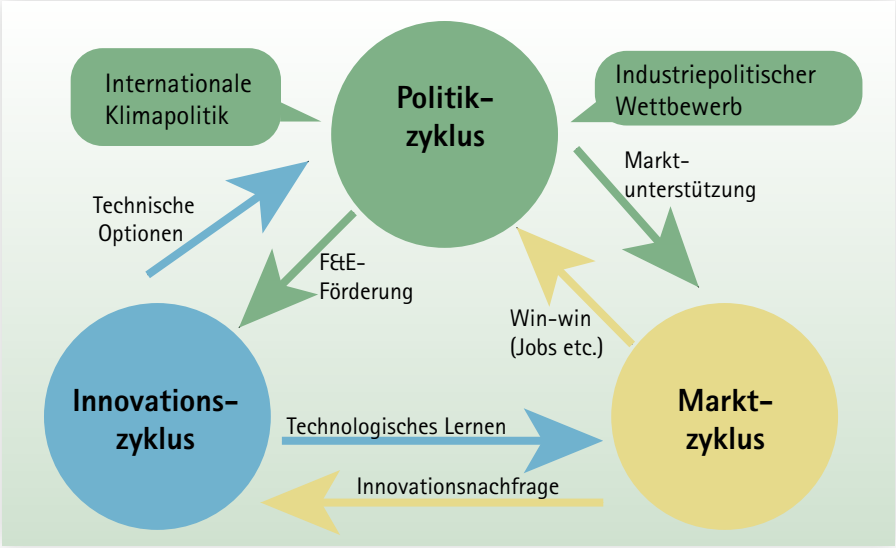
Quelle: Jänicke/Jacob (2007)

Abb. 1: Muster der Interaktion von Politik und Technik im Prozess der Innovationsdiffusion

die Produktionskosten senken und die Produktqualität verbessern, gehört zum Alltagswissen der Ökonomie [1]. Hier greifen die Zyklen des Marktes und des jeweiligen technischen Innovationssystems [13] ineinander. Der IPCC spricht von „mutually reinforcing cycles" (sich gegenseitig verstärkende Kreisläufe) [15]. Allerdings wird hierbei oft übersehen, dass klimafreundliche Innovationen zumeist auf die Hilfestellung staatlicher Fördermaßnahmen angewiesen sind. Sie sind „policy-driven" (von der Politik angetrieben) [10]. Die Politik ist dabei häufig von dem Motiv geleitet, dass neben dem eigentlichen klimapolitischen Zweck auch der ökonomische Erfolg auf globalen Zukunftsmärkten gefördert wird.

Die Liste möglicher weiterer „Co-Benefits" reicht von vermiedenen Umweltschutzkosten bis zur Produktivitätssteigerung. Zum Markt- und Innovationszyklus tritt jedenfalls der Politikzyklus mit seiner Eigenlogik hinzu (s. Abb. 2). Für ihn ist kennzeichnend, dass Gesetze heute immer häufiger aufgrund neuer Erfahrungen und Erkenntnisse novelliert werden: Der Zyklus vom Agenda-setting über die Entscheidung und den Vollzug bis zur Bewertung der Ergebnisse wird dann erneut in Gang gesetzt [14].

Anhand von 15 empirischen Fällen konnte eine diesem Modell entsprechende Interaktionsdynamik beobachtet werden [16, 17]. Besonders häufig ist sie bei der Ausbreitung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus regenerativen Quellen. Stellvertretend für andere Beispiele sei der Extremfall der chinesischen Förderung von Windenergie angeführt. Innerhalb von zehn Jahren wurde hier das bereits ehrgeizige Ziel von 20 GW Windenergiekapazität im Jahre 2020 angesichts der entfesselten Dynamik schrittweise erhöht (s. Abb. 3). Inzwischen lautet das Ziel 200 GW, eine Verzehnfachung in knapp einem Jahrzehnt (REN21 2013). Bekanntlich hat auch Deutschland sein Ziel für Strom aus erneuerbaren Energien im Jahre 2020 mehrfach angehoben. Neben den Erfolgsfällen der regenerativen Energien lassen sich auch Beispiele finden, bei denen die Ausbreitung energieeffizi-



Quelle: Jänicke (2012)

Abb. 2: Interaktive Innovationszyklen in der Klimapolitik

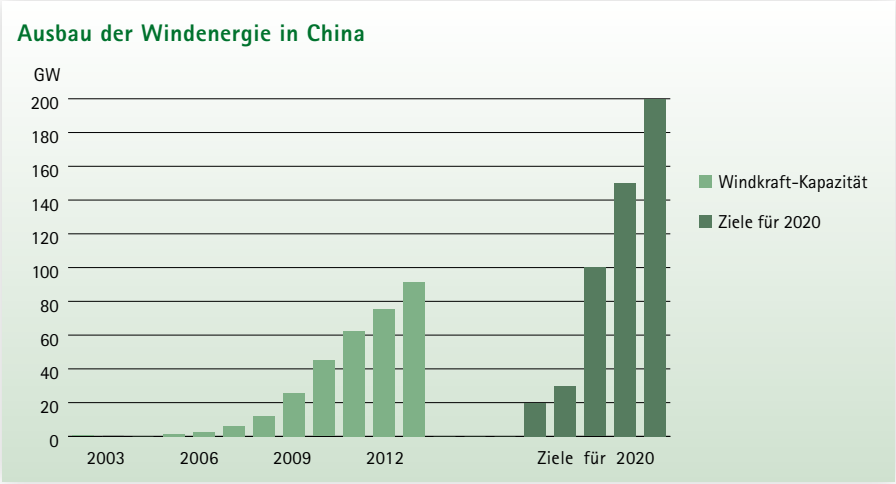
enter Technologien diesem Muster folgt. Das japanische Top-Runner-Programm hat beispielsweise Fälle dieser sich aufschaukelnden Innovation hervorgebracht. Die politische Schlussfolgerung zu diesem Phänomen interaktiver Innovations- und Lernprozesse hat die indische Regierung bereits 2009 in ihrem Solarprogramm gezogen: *„Das ehrgeizige Ziel für 2022, mindestens 20.000 MW (Solaranlagen) zu errichten, hängt ab von dem ‚Lernen' in den ersten … Phasen … Unter Berücksichtigung der Erfahrungen der ersten Jahre werden wir die Kapazität aggressiv ausweiten, um die Bedingungen für die beschleunigte Ausbreitung einer wettbewerbsfähigen Solarenergie im Lande zu schaffen"* [11].

Diffusion klimafreundlicher Technik durch Lead-Markt-Mechanismus

Ein zweiter – oft mit dem ersten verbundener – Mechanismus der verstärkten Diffusion klimatechnischer Innovationen ist der Mechanismus des „Lead-Marktes". Er bildet gleichsam die nationale Startbahn, auf der eine Technologie die nötige Tempobeschleunigung für den Start in die internationalen Märkte erreicht. Im Falle umwelt- und klimafreundlicher Technologien ist diese Tempobeschleunigung wesentlich politisch bewirkt worden, sei es durch Markteinführungshilfen, regulatorische Hilfestellung oder öffentliche Beschaffung.

Der Normalfall eines nationalen Lead-Marktes ist nach Beise et al. *„das Herzstück des Weltmarktes, wobei örtliche Verbraucher frühzeitige Anwender einer Innovation internationalen Ausmaßes sind" [2].* Für die erfolgreiche Ausbreitung innovativer Technologien waren Lead-Märkte oft generell entscheidend. Die Beispiele reichen vom Internet (USA) über das Handy (Skandinavien) bis zum Faxgerät (Japan).

In der Umwelt- und Klimapolitik haben Lead-Märkte eine besondere Bedeutung erhalten und sind in der EU und in Ländern wie Deutschland, aber auch in Japan explizit politisch gefördert worden. Die Rolle des Staates rührt daher, dass nicht nur die nationalen, sondern auch die internationalen Märkte klimafreundlicher Technik meist auf politische Fördermaßnahmen angewiesen sind. Gleichzeitig bietet sich hier ein globales und langfristiges Nachfragepotenzial,



Quelle: REN21 (2013), Global Wind Statistics 2014

Abb. 3: Windkraft in China, Trend 2002–2013 sowie die innerhalb von zehn Jahren schrittweise erhöhten Ziele für 2020

das aus der politisch zu lösenden Problematik erwächst. Die wichtigsten Funktionen der Lead-Märkte für umwelt- und klimafreundliche Technologien sind die Refinanzierung der Entwicklungskosten und der kostensenkenden Folgeinnovationen, aber auch die Effizienzverbesserung. Sie erfüllen also eine entscheidende Bedingung für die internationale Diffusion bzw. beschleunigen diese. Die Marktteilnehmer reicher Länder, wie Deutschland, kommen so dafür auf, dass klimafreundliche Technologien, wie die Photovoltaik, die Windenergie oder effiziente Heizungssysteme, so billig und effektiv wurden, dass sie sich in internationalen Märkten ausbreiten konnten.

Lead-Märkte für klimafreundliche Technologien gibt es zahlreich: Beispiele sind die Windenergie (Dänemark, Deutschland), die Solarenergie (Japan, Deutschland), Hybridmotoren (Japan), solare Warmwasserversorgung (China), sparsame Kühlschränke (Dänemark), FCKW-freie Kühlschränke (Deutschland), Wärmepumpen (Schweden) oder sparsame Dieselmotoren (Deutschland, s. Abb. 4). Im Falle der erneuerbaren Energien haben Länder wie Deutschland und Dänemark die internationale Marktentwicklung und die Internationalisierung der Förderpolitik auch dadurch vorangetrieben, dass sie die Gründung einer speziellen Institution, der IRENA (Internationale Organisation für Erneuerbare Energien), betrieben.

Ein spezieller, zusätzlicher Verstärkungsfaktor bei Lead-Märkten kann die Rückwirkung von Exportmärkten auf das ursprüngliche Lead-Land sein. Ein Beispiel ist die Solarenergie, die sich vom Lead-Markt Deutschland ausbreitete und schließlich zu billigeren Kosten aus China wieder nach Deutschland und in die EU exportiert wurde. Das ist eine Situation, in der das ursprüngliche Exportland sich einem internationalen Wettbewerb stellen muss. Dies kann für das Pionierland eine besondere Herausforderung darstellen (so auch für Deutschland). Für den Klimaschutz ist es ein Vorteil, da die Diffusion kohlenstoffarmer Technologien vom Wettbewerb und von niedrigen Preisen profitiert.

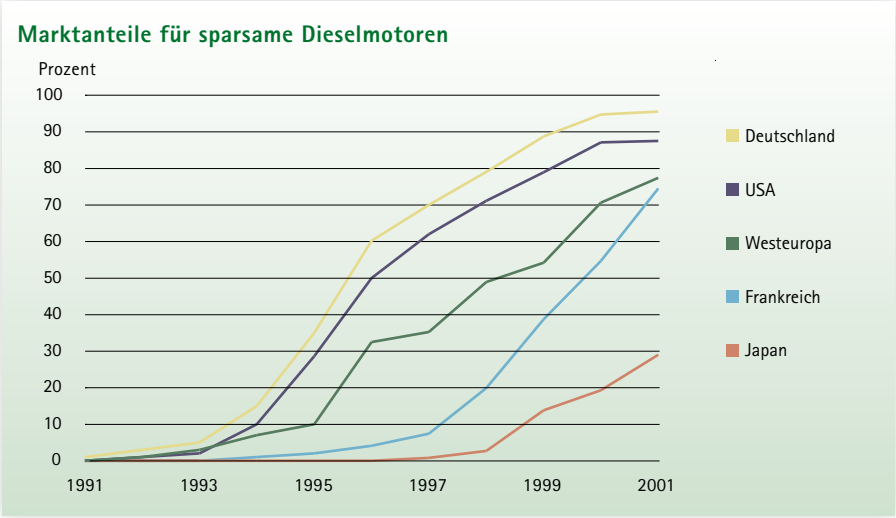


Abb. 4: Entwicklung der Marktanteile für sparsame Dieselmotoren (Direkteinspritzung) – in den USA handelt es sich bei den damit ausgestatteten Fahrzeugen vor allem um Klein-Lkw.

Bisher waren die Märkte für klimafreundliche Technologien auf Industrieländer und einige Schwellenländer, wie China, Indien oder Brasilien, beschränkt. Das liegt wesentlich daran, dass sie in Bezug auf F&E, Humankapital und Infrastruktur sehr gute Voraussetzungen besitzen. Eine neue Entwicklung stellen hier Lead-Märkte für Entwicklungsländer dar, die in Schwellenländern wie Indien entstehen. Für eine nachhaltige Energieentwicklung besonders relevant sind hier Lead-Märkte für sogenannte „base-of-pyramid innovations" [42] oder „frugale Innovationen" [37], die sich nicht nur durch niedrigere Kosten, Einfachheit und Robustheit auszeichnen, sondern die auch über die Wertschöpfungskette hinweg Ressourcen sparen. Die Relevanz für den Klimaschutz und für die nachhaltige Entwicklung ist offenkundig [34]. Die Off-Grid-Energieversorgung in Entwicklungsländern (die nicht auf die rasch diffundierende solare Beleuchtung beschränkt ist) folgt häufig diesem Muster.

Die zwischenstaatliche Diffusion klimapolitischer Fördermaßnahmen

Märkte für klimafreundliche Technologien wachsen naturgemäß mit der internationalen Ausbreitung klimapolitischer Maßnahmen, insbesondere solcher, die diesen technischen Wandel gezielt fördern. Während der Mechanismus des Lead-Marktes national ansetzt und das Angebot betrifft, wirkt die Diffusion klimapolitischer Fördermaßnahmen auf die Nachfrage auf fremden Märkten.

Die von Pionierländern ausgehende Innovationsdiffusion hat darüber hinaus für die internationale Klimapolitik eine grundsätzliche Bedeutung, da sie einen neuen Mechanismus der Global Governance begründet. Die umweltbezogene Diffusionsforschung, wie sie insbesondere von der „Berliner Schule der Umweltpolitikforschung" betrieben wurde [4, 36, 21], hat gezeigt, dass es neben den internationalen Verhandlungssystemen einen neuen Steuerungsmechanismus globaler Politik gibt: Busch/Jörgens/Tews charakterisieren die Ausbreitung umweltpolitischer Innovationen als „governance by diffusion" [5].

Das Ausbreitungstempo solcher Neuerungen ist gerade bei klimafreundlichen Maßnahmen teilweise erheblich. Dafür mag die Diffusion des Instruments der Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Ener-

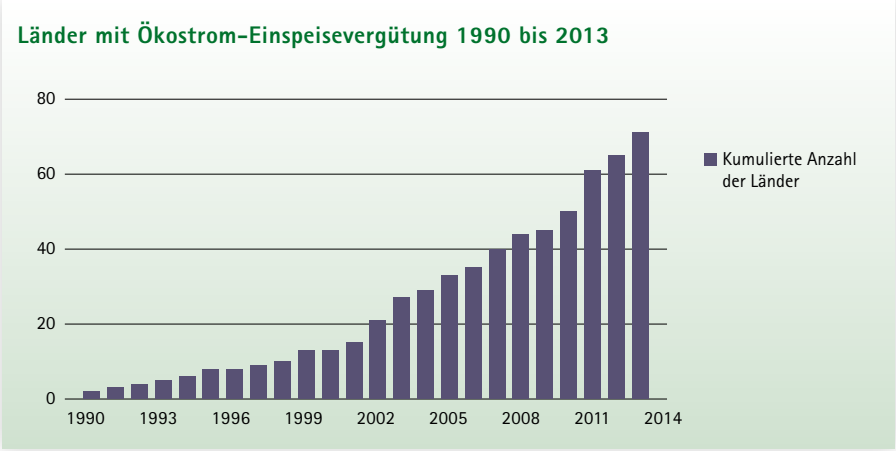


Abb. 5: Globale Diffusion: Länder mit einer Einspeisevergütung für Ökostrom von 1990 bis Anfang 2013

gien als Beispiel dienen (s. Abb. 5). Noch höher ist das Ausbreitungstempo bei den Zielvorgaben für erneuerbare Energie: Im Jahre 2012 hatten bereits 138 Länder der Welt solche Ziele eingeführt, eine Verdopplung innerhalb weniger Jahre [29].

Klimapolitisch entscheidend am Mechanismus der politischen Innovationsdiffusion ist, dass er im Gegensatz zu den umstrittenen verbindlichen Verpflichtungen vollkommen freiwillig ist: Die von einem Pionierland ausgehende Neuerung wird freiwillig übernommen und umgesetzt! Der Prozess ist vergleichbar der sozialpsychologischen Gruppendynamik: Es wird ein Verhalten übernommen, von dem angenommen wird, dass es zum Gruppenverhalten wird. Oft beschleunigt sich die Ausbreitung, wenn eine „kritische Masse" erreicht ist. Es geht um „trendy solutions" [7, vgl. 18], aber eben auch um die Lösung eines relevanten globalen Problems.

Dass dabei die in einem Pionierland gesammelte positive Erfahrung eine wichtige Rolle spielt, ist der harte Kern der umwelt- und klimapolitischen Nachahmung. Letztlich werden auf diese Weise Zeit und Kosten des Experimentierens minimiert. Richard Rose hat dies frühzeitig als „lesson-drawing" beschrieben [32]. Globale Trends und ihre Trendsetter bestimmen die umweltpolitischen Rahmenbedingungen des Weltmarktes inzwischen ähnlich stark wie entsprechende internationale Umweltabkommen. Das gilt für die Euro-Normen ebenso wie für Elektroschrott-Regelungen oder für Energieeffizienz-Standards.

Subnationale Verstärkungsmechanismen im Mehrebenensystem

Interaktionen im Mehrebenensystem

Während die bisher behandelten Diffusionsverstärker klimafreundlicher Technologien auf der nationalen und internationalen Ebene wirken, gibt es diesen Verstärkungseffekt auch auf der subnationalen Ebene. Der von Schreurs und Tiberghien für die EU eingeführte Begriff des „Multi-level reinforcement" [33, vgl. 20] wird hier als übergreifender Begriff, bezogen auf das globale Mehrebenensystem insgesamt, verstanden. Er hat für die subnationale Ebene insofern besondere Bedeutung, als hier viele Experimente und Lernprozesse stattfinden, die dann ihren Niederschlag in übergreifenden nationalen und internationalen Maßnahmen finden. Entscheidend ist die Verstärkung klimapolitischer Maßnahmen der höheren Ebenen auf den unteren Ebenen. Dies ist ein eigenständiger horizontaler Verstärkungsmechanismus, der über die bloße Implementation klimapolitischer Maßnahmen durch die subnationale Ebene hinausgeht.

Der Mehrebenen-Mechanismus lebt von der Mannigfaltigkeit möglicher Akteure und ihrer Interaktionen. Diese Vielfalt nimmt mit jeder hinzukommenden Handlungsebene der Politik zu. Vielfalt wird für Innovationen als vorteilhaft angesehen [35]. Sie ermöglicht Experimente und Pionierleistungen unter unterschiedlichen Bedingungen. Sie mobilisiert spezifische Win-win-Potenziale und bietet vielfältige Erfahrungen [3]. Auf jeder Ebene findet sich eine Pluralität möglicher Handlungsmotive und Handlungschancen, die ein Pionierverhalten und seine Nachahmung fördern können. Die Co-Benefits der Klimapolitik spielen dabei eine besondere Rolle.

Auf der Ebene der Provinzen bzw. Einzelstaaten finden sich z. B. folgende mögliche Motive für die politische Förderung klimafreundlicher Technologien:

1. Reiche Provinzen können ihr Erfolgsmodell einfach auf die Klimapolitik ausdehnen.
2. Arme Provinzen wiederum können mit klimafreundlichen Maßnahmen (erneuerbare Energien, energetische Gebäudesanierung) die Arbeitslosigkeit bekämpfen.

3. Die Konkurrenz mit dem Nationalstaat kann regionale Klima-Innovationen beflügeln (Schottland, Baskenland, Kalifornien).
4. Die geografische Lage kann Klimapolitik (etwa die Windenergie an der Küste) begünstigen.
5. In der Literatur wird auch die Parteifärbung regionaler Regierungen als Einflussfaktor angeführt. In den USA ist die Ebene der Einzelstaaten nicht nur institutionell stark für die Klima- und Energiepolitik gerüstet, sie konkurriert auch mit der nationalen Ebene [vgl. 8, 7].

Für viele klimapolitische Maßnahmen weisen die subnationalen Ebenen günstige spezifische Bedingungen auf. Das gilt auch für wichtige Zuständigkeiten. In der EU besitzt die regionale Ebene viele Zuständigkeiten der Klimapolitik außerhalb des Emissionshandels [40]. Zugleich hat die regionale Ebene – ob föderativ organisiert wie in Deutschland oder nicht – einen festen Platz im politischen System der EU. Wichtige Maßnahmen des Klimaschutzes fallen in die Kompetenz der Städte und Gemeinden. Diese reicht vom Wohnungswesen oder der Verkehrspolitik bis hin zur Abfallverwertung oder Flächennutzung. Viele Städte sind auch im Bereich der Energieversorgung aktiv. Sie werden in einer neueren Studie als Experimentierfelder der Klimapolitik dargestellt [3]. 80 % der Treibhausgase in der EU betreffen städtische Aktivitäten. Institutionell starke Kommunen sind ein Charakteristikum des europäischen Mehrebenensystems.

Wichtig ist, dass die jeweilige Ebene ein Handlungsfeld darstellt, das Innovateure, Nachahmer, Wettbewerber oder Kooperationspartner bietet. Die nationale Klimapolitik verallgemeinert oft – bottom-up – positive Erfahrungen, Experimente und Innovationen auf dieser Ebene. Eine besondere Dynamik ergibt sich aber top-down: Starke vertikale Leadership- und Fördermaßnahmen der höheren Ebene können horizontale Interaktionen und Diffusionen zwischen Akteuren der unteren Ebene induzieren. Eine fördernde nationale oder europäische Klimapolitik wertet Vorreiter der subnationalen Ebene auf und macht sie interessant für Prozesse des Lesson-drawing, der Kooperation oder des Wettbewerbs. Die politische Unterstützung „nach unten" kann in Form von finanziellen, regulatorischen, informationellen oder legitimatorischen Hilfen stattfinden. Selbst wenn die höhere Ebene verbindliche Maßnahmen vorschreibt, sind freiwillige horizontale Dynamiken des Lesson-drawing oder des Wettbewerbs zu beobachten. Ob beispielsweise Städte die Vorgaben der EU-Richtlinie zur energetischen Gebäudesanierung tendenziell umgehen oder aber weitergehende Maßnahmen ergreifen (z. B. Plus-Energiehaus-Siedlungen fördern), hängt von dieser Dynamik ab.

Empirisch hatte die Klimapolitik in Europa Vorläuferinnovationen in einzelnen Städten oder Provinzen, auf denen sie aufbauen konnte. Offenbar erfolgt die Mehrebenen-Dynamik dem Muster bottom-up/top-down: Zunächst findet eine Verallgemeinerung nach oben hin statt, die wiederum verstärkend nach unten hin wirkt. Dieser Prozess der aufsteigenden und danach absteigenden Einwirkung könnte sich prinzipiell wiederholen. Der Erfolg auf den unteren Ebenen – verstärkt durch horizontale Dynamik – kann den Handlungsspielraum der höheren Ebene erweitern und ihre Ambition steigern. Dabei können erfolgreiche Anbieter klimafreundlicher Technologien auch den Druck auf die Politik erhöhen, weitergehende Maßnahmen zu ergreifen. Auf EU-Ebene sind entsprechende Lobbyorganisationen (z. B. die für erneuerbare Energien, EREC, der Europäische Biomasse-Verband, AEBIOM, oder die „European Heat Pump Association", EHPA) in diesem Sinne aktiv.

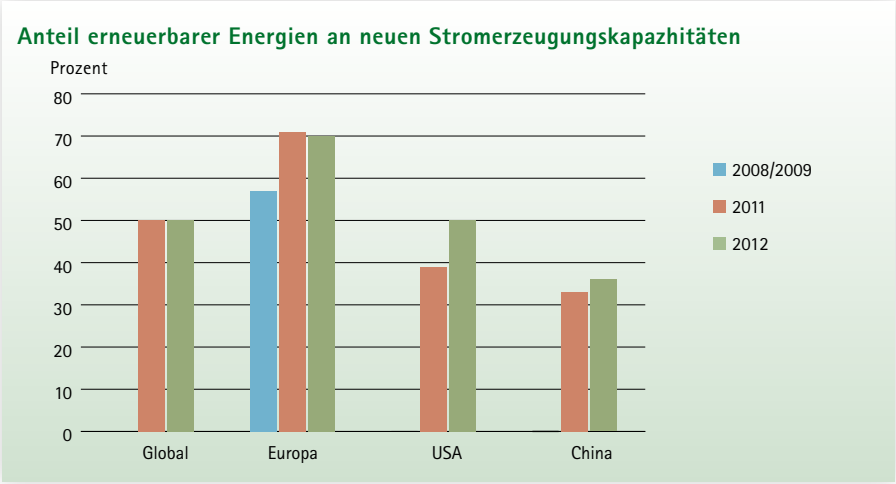
Subnationale Diffusionsverstärkung im Mehrebenensystem der EU

Die EU ist weltweit führend beim Ausbau der erneuerbaren Energien. Abb. 6 zeigt ihren Anteil an der neu geschaffenen Kapazität zur Stromerzeugung. Die EU hat auch ihre Treibhausgase von 1990 bis 2012 um fast 20 % verringert. Es scheint, dass sie im Vergleich mit anderen Weltregionen auch die besten Voraussetzungen für eine aktive Mehrebenenstrategie des Klimaschutzes besitzt. Dafür sprechen der weite Spielraum für ein „hohes Schutzniveau", der Pionierländern eröffnet wird, ebenso wie die relativ starke Bedeutung der Kommunen und Regionen, aber auch die Bedeutung grüner Parteien oder der öffentlichen Medien in vielen Mitgliedsländern. Der klimapolitische Prozess folgte in den klimapolitisch aktiven Mitgliedsländern (insbesondere Deutschland, Großbritannien, Dänemark und Schweden) dem folgenden Muster:

1. Nach Experimenten auf unterschiedlichen Ebenen folgte die Formulierung einer nationalen Politik.
2. Diese nationale Vorreiterrolle wurde auf der EU-Ebene fortgesetzt und damit auch im eigenen Lande abgesichert; nationalen Pionierunternehmen wurde so häufig ein europäischer Markt eröffnet.
3. Die nationale und europäische Klimapolitik induzierte verstärkte horizontale Diffusionsprozesse auf den subnationalen Ebenen [40].

Es sieht so aus, als seien insbesondere die Kommunen bei der Entwicklung der europäischen Klimapolitik „late-movers". Aber unter dem Einfluss der Etablierung dieser Politik auf europäischer Ebene (insbesondere seit 2008) scheinen sie nunmehr eine besondere Dynamik zu entwickeln. Der vertikale Impuls hat offenbar die horizontale Dynamik erhöht.

So löste die EU-Direktive „Energy Performance of Buildings" eine starke Aktivität der Kommunen aus, bei denen wiederum Vorreiterstädte wie Freiburg, Manchester, Kopenhagen oder Malmö eine große Rolle spielten [30]. Dieser Mechanismus hat in den letzten Jahren einen Trend zur dezentralen Energieversorgung gefördert, der auch außerhalb Europas, etwa in den USA, zu beobachten ist. Mit der Europäisierung der Klimapolitik erhielten die subnationa-



Quelle: REN21 (2012), EndsEurope (17. 9. 2010)

Abb. 6: „Grüner" Strom als Anteil neuer Erzeugungskapazität

len Ebenen zugleich eine transnationale Ausweitung. So entstand ein breiteres Akteursfeld mit potenziellen Innovateuren, Nachahmern, Wettbewerbern und Kooperationspartnern. Städte agieren in einem europäischen Handlungskontext mit Netzwerken aller Art. Diese können ihrerseits den Innovations-/Diffusionsprozess fördern [22, 30]. Besonders einflussreich ist die von der EU initiierte Institution der „Covenants of Mayors" mit über 5.000 beteiligten Bürgermeistern (2013), teils auch außerhalb Europas. Die unterzeichnenden Kommunen verpflichten sich unter anderem, einen formell evaluierten „Sustainable Energy Action Plan" vorzulegen, der eine Reduktion der Treibhausgase um mindestens 20 % vorsieht. Eine aktuelle Auswertung zeigt, dass 63 % der untersuchten Kommunen diese Marke übertreffen (EndsEurope, 24. 6. 2013).

Die ökonomische Bedeutung dieses Prozesses wird dadurch unterstrichen, dass die Umsetzung der Pläne von der Europäischen Investitionsbank mit Krediten unterstützt wird. Die horizontale Dynamik wird durch ein formelles Benchmark-System („Benchmark of Excellence") gefördert, eine Datenbank der besten Praxis. Das Informationssystem der „Covenants of Mayors" belegt, dass diese Dynamik die untere Ebene des europäischen Mehrebenensystems in den vergangenen Jahren stark erfasst hat.

Die Mobilisierung lokaler wirtschaftlicher Interessen für einen klimafreundlichen technischen Wandel lässt sich am Beispiel Deutschlands verdeutlichen. Die industriepolitische Bedeutung der Umwelt- und Klimapolitik in Deutschland hatte die OECD schon 2007 hervorgehoben. Das gilt auch für die subnationale Ebene. In den vergangenen Jahren haben – auch unter dem Einfluss von Regierungswechseln – einzelne Bundesländer eine starke klimapolitische Aktivität entwickelt. Das betrifft spezielle Gesetze und Institutionen auf Regierungsebene (z. B. In Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen). Einige Bundesländer haben Klimaziele formuliert, die über die Ziele des Bundes hinausgehen.

Eine besondere Dynamik weist in Deutschland in letzter Zeit die kommunale Ebene auf. Hier hat sich der private Besitz an Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien als starker Motor erwiesen. Mehr als die Hälfte dieser Anlagen befinden sich in Privatbesitz. Ein Viertel des Landes ist als sogenannte „100-%-Erneuerbare-Energien-Region" organisiert, meist auf kommunaler Ebene. In Europa spielen diese dezentralen Eigentumsformen bei erneuerbaren Energien ebenfalls eine starke Rolle [28].

In Großbritannien wurde nicht nur die bisher weitestgehende nationale Reduzierung der Treibhausgase erreicht. Es findet sich auch auf der Ebene darunter ein markanter Pionier der Klimapolitik: Schottland (s. Abb. 7). Bei den erneuerbaren Energien wurde dort eine sich aufschaukelnde Dynamik nach dem obigen Muster (s. Abb. 2) entfesselt. Das „policy feedback" bestand in einer mehrfachen Anhebung des Ausbauziels für 2020, das nun 100 % beträgt.

Großbritannien weist aber auch auf der Ebene der Städte eine bemerkenswerte klimapolitische Aktivität auf. So traut sich Manchester zu, auf dem Weltmarkt der klimafreundlichen Gebäudetechnik eine führende Rolle zu spielen. Fast alle größeren Städte haben ehrgeizige Klimaziele, Edinburgh strebt für 2050 eine „zero carbon economy" an [12].

In Dänemark hat die Klimapolitik ähnlich starke industriepolitische Akzente wie in Deutschland, Großbritannien oder Schweden. Die „Energiestrategie 2050" von 2011 betont die Vorteile für dänische Unternehmen auf dem Weltmarkt der klimafreundlichen Technologien [6]. Dänemark, bereits ein starker Exporteur auf diesem Gebiet,

will bei der Energieeffizienz und bei den erneuerbaren Energien eines der drei führenden Länder der Welt sein. Auf der subnationalen Ebene sind vor allem Städte und Landkreise aktiv. Kopenhagen und Aarhus wollen bis 2025 bzw. 2030 klimaneutral sein. Die Insel Samsö (4.200 Einwohner) hat bereits im Jahr 1997 das Ziel einer vollständigen Energieversorgung mit erneuerbaren Energien erklärt. Wie in Deutschland sind auf der lokalen Ebene Energiegenossenschaften aktiv.

Fazit

Die vorstehende Studie hat wesentlich explorativen Charakter. Sie zeigt jedoch, dass die klimapolitisch erforderliche Beschleunigung der Ausbreitung kohlenstoffarmer Technologien möglich ist und hierfür unterschiedliche Mechanismen aktiviert werden können. Dabei spielt die von Vorreitern ausgehende Innovationsdiffusion mit einer engen Verkopplung von Politik und Technik eine entscheidende Rolle. Im Vergleich zu einer internationalen Klimastrategie, die auf verbindliche Regeln setzt („legally binding"), ist dies die Erfolgsvariante der Klimapolitik. Worin liegt dieser Erfolg? Er besteht, so unser Ergebnis, darin, dass eine auf marktgängige klimafreundliche Technik ausgerichtete Industriepolitik in der Lage ist, wirtschaftliche Interessen für den Klimaschutz auf allen Ebenen des globalen Mehrebenensystems zu mobilisieren.

Literatur

[1] Arthur, B. (1988): Self-reinforcing mechanisms in economics, in: Anderson, P. et al. (eds.): The economy as an evolving complex system. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

[2] Beise, M., Blazejczak, J., Edler, D., Jacob, K., Jänicke, M., Loew, Th., Petschow, U. & Rennings, K. (2003): The Emergence of Lead Markets for Environmental Innovations, Horbach, J. Huber, J., Schulz, Th. (Eds.): Nachhaltige Innovation. Rahmenbedingungen für Umweltinnovationen, München.

[3] Bulkeley, H. & Castán Broto, V. (2012): Government by Experiment? Global Cities and the Governing of Climate Change, Transactions of the Institute of British Geographers, July 2012.

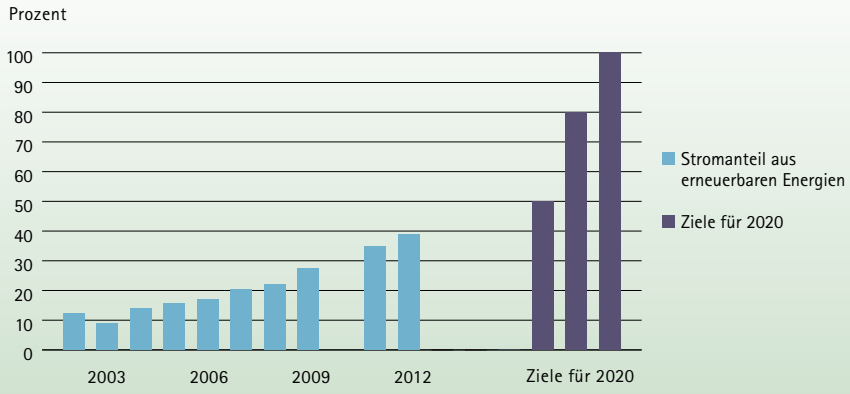
[4] Busch, P.-O., Jörgens, H. (2004): Governance by Diffusion? An Analytical Distinction of three International Governance Mechamisms, 45th Annual Convention of the International Studies Association, March 17-20, Montreal, Canada.

[5] Busch, P.-O., Jörgens, H., Tews, K. (2006): The Global Diffusion of Regulatory Instruments: The Making of a New International Environmental Regime, The Annals of the American Academy of Political and Social Sciences 598, 146-167.

[6] The Danish Government (2011): Energy Strategy 2050, Kopenhagen.

[7] Chandler, J. (2009): Trendy Solutions: Why Do States

Entwicklung Ökostromanteil in Schottland 2002 bis 2012 und Ziel für 2020



Quelle: Scottish Renewables 2011/13

Abb. 7: Sich aufschaukelnde Dynamik: Schottland hat seine Ausbauziele für „grünen" Strom auf 100 % erhöht.

Adopt Sustainable Energy Portfolio Standards? Energy Policy, Vol. 37, 3247-3281.
[8] Delmas, E. & Montes-Sancho, M. J. (2011): U.S. State Policies for Renewable Energy: Context and Effectiveness, Energy Policy, Vol. 39, 2273-2288.
[9] EU Commission (2007): A Lead Market Initiative for Europe – Explanatory Paper on the European Lead Market Approach: Methodology and Rationale. In: Commission Staff Working Document; (COM(2007)) 860 final, SEC(2007). Brussels: Commission of the European Communities.
[10] Ernst & Young (2006): Eco-Industry, Its Size, Employment, Perspectives and Barriers to Growth in an Enlarged European Commission, Brüssel: DG ENV.
[11] Government of India (2010): Jawaharlal Nehru National Solar Mission – Toward Building Solar India, www.indiaenvironmentportal.org.in.
[12] Heidrich, O. / Dawson, R. J. / Reckien, D. / Walsh, C. L. (2012): Assessment of the Climate Preparedness of 30 Urban Areas in the UK, Manuskript.
[13] Hekkert, M. P. / Suurs, R. A. A. / Negro, S. O. / Kohlmann, D. / Smits, R. E. H. M. (2007): Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analyzing Technological Change, Technological Forecasting & Social Change 74, 413-432.
[14] Howlett, M. & Ramesh, M. (2003): Studying Public Policy – Policy Cycles and Policy Subsystems, 2. Ed., Ontario: Oxford University Press.
[15] IPCC (2011): Special Report Renewable Energy Sources (SRREN).
[16] Jänicke, M. (2012): Dynamic Governance of Clean-Energy Markets: How Technical Innovation Could Accelerate Climate Policies, Journal of Cleaner Production 22, 50-59.
[17] Jänicke, M. (2012a): Megatrend Umweltinnovation, 2. Ed. München: Oekom.
[18] Jänicke, M. (2005): Trend-Setter in Environmental Policy: The Character and Role of Pioneer Countries, European Environment, Vol. 15, No. 2, 129-142.
[19] Jänicke, M. & Jacob, K. (Eds.) (2007): Environmental Governance in Global Perspective. New Approaches to Ecological and Political Modernisation, Berlin.
[20] Jordan, A. / v. Asselt, H. / Berkhout, F. / Huitema, D. / Rayner, T. (2012): Understanding the Paradoxes of Multi-Level Governing: Climate Change Policy in the European Union, Global Environmental Politics, Vol. 12, No. 2, 43-66.
[21] Kern, K. (2000): Die Diffusion von Politikinnovationen. Umweltpolitische Innovationen im Mehrebenensystem der USA, Opladen.
[22] Kern, K. & Bulkeley, H. (2009): Cities, Europeanization and Multi-Level Governance: Governing Climate Change Through Transnational Municipal Networks, Journal of Common Market Studies, Vol. 47, Issue 2, 309-332.
[23] OECD (2010): Cities and Climate Change, Paris.
[24] OECD (2011): Towards Green Growth, Paris.
[25] OECD/IEA (2012): Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements, Insight Series.
[26] Ostrom, E. (2010): Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems, American Economic Review, vol. 100(3), 641-72.
[27] Patashnik, E. M. (2008): Reforms at risk: what happens after major changes are enacted, Princeton, N.J.: Princeton University Press.
[28] Pew Charitable Trusts (2011): Who's Winning the Clean Energy Race 2011, Washington, D.C.
[29] REN21 (2013): Renewables 2013 Global Status Report, Paris.
[30] REN21 (2013a): Renewables Global Futures Report, Paris.
[31] Rifkin, J. (2011): Die Dritte Industrielle Revolution. Die Zukunft der Wirtschaft nach dem Atomzeitalter, Frankfurt/M.
[32] Rose, R. (1993): Lesson-Drawing in Public Policy. A Guide to Learning Across Time and Space, Chatham, NJ.
[33] Schreurs, M. / Tiberghien, Y. (2007): Multi-Level Reinforcement: Explaining European Union Leadership in Climate Change Mitigation, Global Environmental Politics, Vol. 7, No. 4, 19-46.
[34] Sharma, A. & Gopalkrishnan, R. I. (2012): Resource-constrained Product Development: Implications for Green Marketing and Green Supply Chains, Industrial Marketing Management 41, 599-608.
[35] Sovacool, B. K. (2011): An International Comparison of Four Policentric Approaches to Climate and Energy Governance, Energy Policy, Vol. 39, Issue 6, 3832-3844.
[36] Tews, K. & Jänicke, M. (Hrsg.) (2005): Die Diffusion umweltpolitischer Innovationen im internationalen System, Wiesbaden.
[37] Tiwari, R. & Herstatt, C. (2012): India – A Lead Market for Frugal Innovations? Hamburg University of Technology, Working Paper Technology Innovation Management No. 67.
[38] Tsebelis, G. (2002): Veto Players. How Political Institutions Work. New York/Princeton: Princeton University Press.
[39] Watanabe, C. / Wakabayashi, K. / Miyazawa, T. (2000): Industrial Dynamism and the Creation of a "virtuous cycle" between R&D, Market Growth and Price Reduction. The Case of Photovoltaic Power Generation (PV) Development in Japan, Technovation 20, 225-245.
[40] Wolfinger, B. / Steininger, K. W. / Damm, A. / Schleicher, St. / Tuerk, A. / Grossman, W. / Tatzber, F. & Steiner, D. (2012): Implementing Europe's Climate Targets at the Regional Level, Climate Policy, Vol. 12, Issue 6, 667-689.
[41] World Bank (2011): Golden Growth – Restoring the Lustre of the European Economic Model. Washington, D.C.: The World Bank.
[42] World Bank (2012): Inclusive Green Growth, Washington, D.C.: The World Bank.
[43] Wurzel, R. K. W. & Conelly, J. (Eds.)(2011): The European Union as a Leader in International Climate Change Politics, London / New York: Routledge.

Prof. Dr. Martin Jänicke
Gründungsdirektor Forschungszentrum für Umweltpolititk,
Freie Universität Berlin,
Politik- und Sozialwissenschaften,
Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft,
hauptman@zedat.fu-berlin.de

Kurt Weinberger

Risiko Naturkatastrophen – Vergangenheit, Gegenwart und Erwartungen

Weltweit nehmen durch den Klimawandel bedingte Naturkatastrophen zu. Eine Naturkatastrophe liegt dann vor, wenn naturbedingt Schäden entstehen, die Todesopfer zur Folge haben oder wenn diese Schäden ein Ausmaß annehmen, die ein Einzelner aus eigener Kraft nicht mehr bewältigen kann. Das NatCatSERVICE des weltweit größten Rückversicherers MunichRe registriert seit den 1980er-Jahren eine deutliche Zunahme von Naturkatastrophen (s. Abb. 1 und Abb. 2).

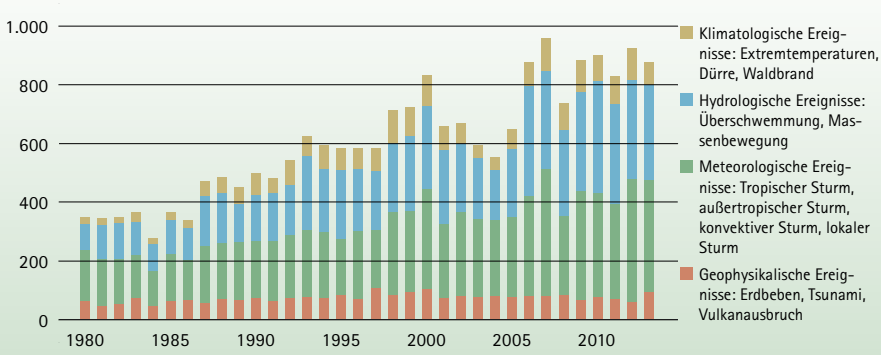
Der Klimawandel wird als eine Veränderung des durchschnittlichen Wetters während der vergangenen 30 Jahre definiert. Beispielsweise erhöhte sich weltweit die Durchschnittstemperatur in diesem Zeitraum um 0,8 °C.

Sonderbericht des Weltklimarates 2012: Wetterextreme nehmen zu

2012 stellte der Weltklimarat IPCC den Sonderbericht „Risikomanagement von Extremereignissen und Katastrophen zur Anpassung an den Klimawandel" vor. Die Aussagen dieses Berichtes sind ähnlich wie jene des UNO-Weltklimaberichtes von April 2014: Durch den vom Menschen verursachten Klimawandel haben sich Wetterextreme verschlimmert und werden in Zukunft häufiger, länger und intensiver auftreten. Es wird deutlich, dass der Klimawandel die Risikosituation in vielen Regionen der Welt verschärfen wird.

Der Alpenraum – und damit Österreich – ist eine der am stärksten von den Folgen des Klimawandels betroffenen Regionen

Anzahl weltweiter Schadenereignisse von 1980 bis 2013



Quelle: Munich Re

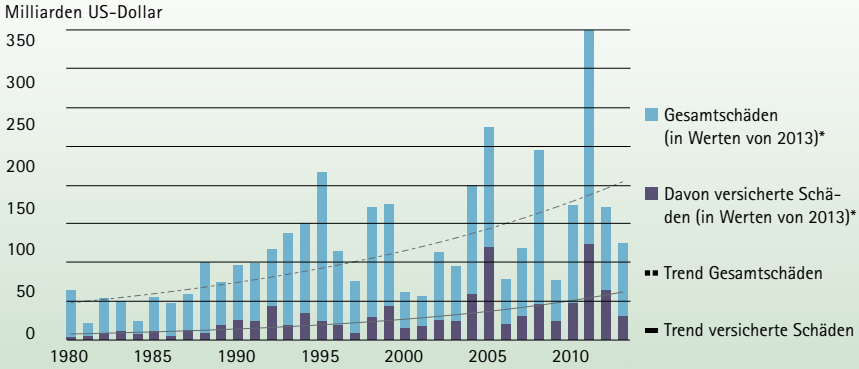
Abb. 1: Anzahl von Naturkatastrophen zwischen den Jahren 1980 und 2013: Bis auf geophysikalische Ereignisse haben alle Schadensarten zugenommen.

© Fotolia

Zerstörungen durch Hurrikan Sandy an der US-amerikanischen Ostküste im November 2012

in Europa. Mit einer Zunahme der Durchschnittstemperatur von 2 °C weist die Region bereits jetzt eine mehr als doppelt so hohe Erwärmungsrate gegenüber dem globalen Durchschnitt auf. Zwei Drittel der Landesfläche in Österreich liegen im Alpenraum. Auch in Österreich werden Wetterextreme künftig häufiger und intensiver auftreten. Zusätzlich wird die Anzahl der Katastrophenereignisse steigen, ist sich die Wissenschaft einig. Generell wird es im Sommer trockener und heißer, im Winter feuchter. Wetterextreme, zunehmende saisonale Wasserknappheit, Hochwasser- und Naturgefahren, Gletscherschmelze und der Rückgang von Dauerfrost-Böden werden in Zukunft die Situation in den Alpen prägen. Wie Reinhard Mechler, einer der Autoren

Ausmaß der gesamten und der versicherten Schäden von 1980 bis 2013



Quelle: Munich Re

*Abb. 2: Entwicklung der Werte der gesamten sowie der versicherten Schäden zwischen den Jahren 1980 und 2013 weltweit (*inflationsbereinigt durch den Consumer Price Index des jeweiligen Landes)*

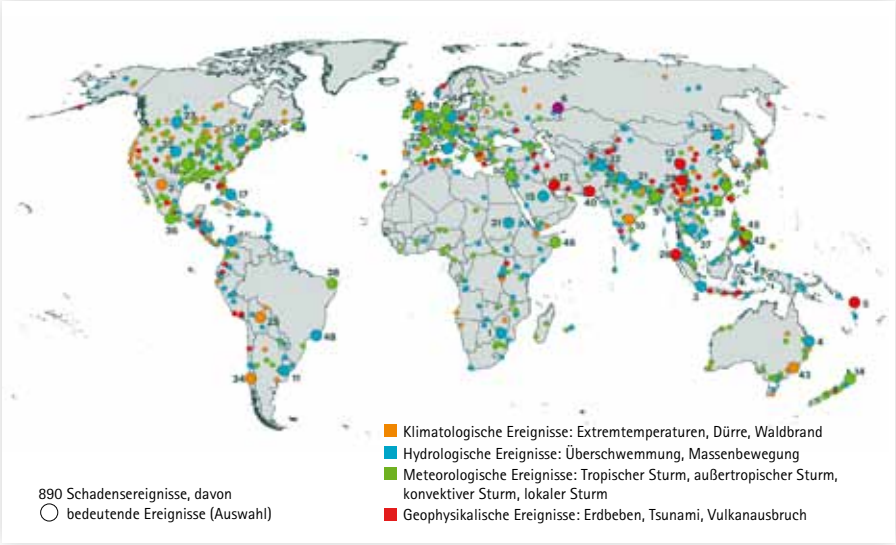
© Fotolia

Das Schmelzen der Alpengletscher (hier am Großglockner) ist eine markante Auswirkung der Klimaerwärmung.

des IPCC-Berichtes, erklärte, unterstreicht der Bericht nicht nur die Notwendigkeit, die globalen Treibhausgas-Emissionen stark zu verringern, um in den nächsten Jahrzehnten eine massive Verschlimmerung der Wetterextreme zu vermeiden, sondern weist auch auf die Möglichkeiten von Klima-Anpassungsmaßnahmen hin. Diese reichen von verbesserten Frühwarnsystemen für Überschwemmungen über hitzeresistentes Saatgut und innovative Versicherungslösungen bis hin zur umfassenden Risikokommunikation.

UNO-Klimabericht: Steigende Temperaturen erfordern dringendes Handeln

Auch der jüngste, im April 2014 veröffentlichte, UNO-Weltklimabericht bestätigt, dass Wetterextremereignisse wie Hagelunwetter, Überschwemmungen und Trockenheit, in ihrer Intensität und Häufigkeit zunehmen. Es ist allgemein bekannt, dass der Klimawandel eine Folge der vom Menschen verursachten Treibhausgas-Emissionen ist. Wenn man bedenkt, dass die Kosten im Zusammenhang mit der Klimaveränderung



Quelle: Munich Re

Abb. 3: Weltkarte der Schadensereignisse 2013

bis zum Ende dieses Jahrhunderts auf rund 20 % des weltweiten Bruttoinlandsproduktes (BIP) ansteigen könnten, ist neben einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen auch ein entsprechendes Risikomanagement aufgrund der steigenden Schäden durch Wetterextremereignisse notwendig.

Österreich: Steigende Klimaschäden in der Landwirtschaft

Auch in Österreich sind der Klimawandel und damit die Erderwärmung messbar. Neben der generellen Erhöhung der Durchschnittstemperatur während der letzten Jahrzehnte zeigt sich, dass die Anzahl der Tropentage – Tage mit Temperaturen über 35 °C – massiv gestiegen ist (s. Abb. 4). Solche Tropentage wiederum können zu massiven Ernteausfällen und in weiterer Folge aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit in der Atmosphäre und daraus resultierenden Regenfällen zu Hochwasserschäden führen.

Landwirtschaft ist Klimaopfer Nummer Eins

Die Landwirtschaft ist mit ihrer Werkstatt unter freiem Himmel besonders verletzbar,

© Österreichische Hagelversicherung

Dürreschaden in einem Maisfeld

denn die Erträge sind zu 80 % vom Wetter abhängig. Hagelunwetter sowie Dürre- und Überschwemmungsschäden treten immer öfter und großflächiger auf. Durch die Zunahme von Wetterextremereignissen wird der Agrarsektor als Nahrungsmittellieferant als das größte Klimaopfer der Volkswirtschaft gesehen (s. Abb. 5). Die Klimaände-

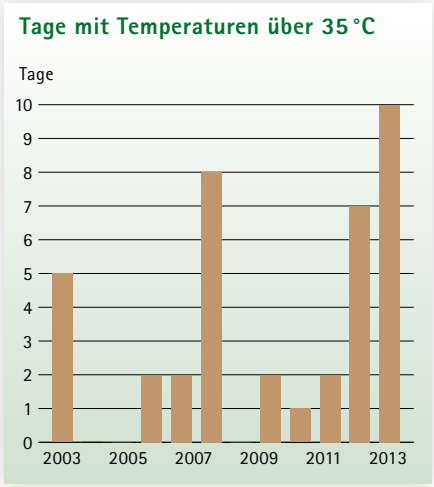


Abb. 4: Anzahl der Tage mit Temperaturen über 35 °C in Österreich zwischen 2003 und 2013

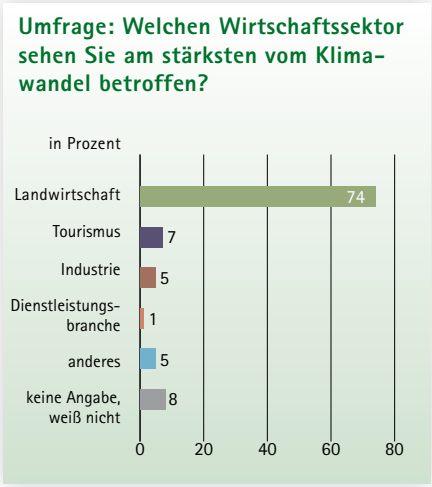


Abb. 5: Laut einer Befragung des Market Instituts wird die Landwirtschaft mit Abstand als Klimaopfer Nummer Eins wahrgenommen.

© Österreichische Hagelversicherung

Weizenfeld bei Feldkirchen an der Donau nach dem Jahrhunderthochwasser im Juni 2013, als es zu einer Aufsandung von einem Meter Höhe kam.

rung führt in Zukunft zu einer zunehmenden Gefährdung der Versorgungssicherheit mit nationalen Lebensmitteln.

Umfassendes Risikomanagement immer wichtiger

Angesichts des Klimawandels zeigt sich, wie wichtig umfassender Versicherungsschutz in der Landwirtschaft ist. Für den Bedarf an breitem Risikoschutz bietet die Österreichische Hagelversicherung Europas umfassendste Produktpalette an. Diese wird laufend weiterentwickelt und den sich ändernden Anforderungen angepasst, um langfristig lösungsorientierte Produkte für die Absicherung der Landwirtschaft zu bieten. Neben Hagel werden mittlerweile mehr als zehn weitere Risiken, wie Dürre, Überschwemmung oder Sturm, in Deckung genommen.

© Österreichische Hagelversicherung

Hagelschaden in einem Maisfeld bei Waidhofen an der Thaya im Sommer 2013

Trend zu Private-Public-Partnership-Versicherungsmodellen

Die Zunahme der Wetterextrem-Ereignisse macht ein umfassendes Risikomanagement für die Landwirtschaft erforderlich. Weltweit gibt es dabei den Trend zu mehr Private-Public-Partnership-Versicherungsmodellen. So haben beispielsweise die USA in der Anfang Februar 2014 beschlossenen „Farm Bill" die jährlichen finanziellen Mittel für die Versicherungssysteme zur Er-

tragsabsicherung von Naturkatastrophen in der Landwirtschaft von 5 auf 9 Mrd. US-Dollar fast verdoppelt. Diese Maßnahme unterstreicht die Bedeutung von Agrarversicherungen in Amerika. Die Landwirte werden zukünftig für ihre Versicherungen gegen Einkommensverluste deutlich mehr Geld vom Staat erhalten. Die Vorsitzende des Landwirtschaftsausschusses im US-Senat, Debbie Stabenow, bestätigte, dass die Agrarversicherung das Herzstück der drei Jahre lang verhandelten Landwirtschaftspolitik sei und dass nun ein breites Sicherheitsnetz über die produzierenden Farmer gespannt worden sei. Österreich verfügt für die Absicherung von Hagel- und Frostschäden in der Landwirtschaft über ein Private-Public-Partnership-Modell, bei dem Bund und Länder je 25 % der Prämie fördern.

Mehr Klimaschutz erforderlich

Aus den aktuellen Analysen des Weltklimarates lässt sich deutlich ableiten, dass durch den Klimawandel Anpassungen in der landwirtschaftlichen Produktion, wie wassersparende Bodenbearbeitungstechniken oder die Wahl von dürreresistenteren Pflanzen, notwendig sind. Ebenso klar wird durch den Bericht, dass wir insgesamt mehr Engagement für den Klimaschutz benötigen. Es zeigt sich auch, dass die Landwirtschaft nicht nur Klimaopfer, sondern auch Klimaschützer ist. Sie ist ein wichtiger Akteur beim Kampf gegen den Treibhauseffekt. Der Mitte April 2014 in Berlin veröffentlichte Bericht des Weltklimarates der Vereinten Nationen sieht trotz steigender Treibhausgas-Emissionen die Chance, eine Trendumkehr durch die Verwendung erneuerbarer Energien zu erreichen. Als einziger Sektor in Österreich liegt die Landwirtschaft bei der Reduktion der klimaschädigenden Emissionen auf Kyoto-Kurs. So steht einer Reduktion der landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen von knapp 12 % zum Beispiel eine Erhöhung von 54 % für den Bereich Verkehr gegenüber (s. Abb. 6).

Bodenschutz ist auch ein wichtiger Klimaschutzfaktor

Als unumgängliche Voraussetzung für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels gelten zudem widerstandsfähigere Ökosysteme. Die gezielte Steuerung des Flächenangebots für Siedlungs-, Gewerbe- und Infrastrukturzwecke ist eine der effektivsten und effizientesten Strategien im Umgang mit Naturgefahren, ebenso das Freihalten von Abflussräumen bei Hochwasser. Die daraus resultierenden Herausforderungen für Siedlung, Infrastruktur und Landwirtschaft können nur unter Einbeziehung von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Verwaltung bewältigt werden.

Bodenverbrauch gefährdet Klimaschutz und Versorgungssicherheit

Mit der raren und endlichen Ressource Boden wird in Österreich viel zu sorglos umgegangen. Mehr als 22 Hektar wertvoller Boden werden in Österreich täglich versiegelt – das entspricht der Größe eines durchschnittlichen heimischen Bauernhofs oder der Größe von 31 Fußballfeldern. Das irreversible Verbauen und Versiegeln von wertvollem Acker- und Grünland für Verkehrs-, Industrie- und Siedlungszwecke hat negati-

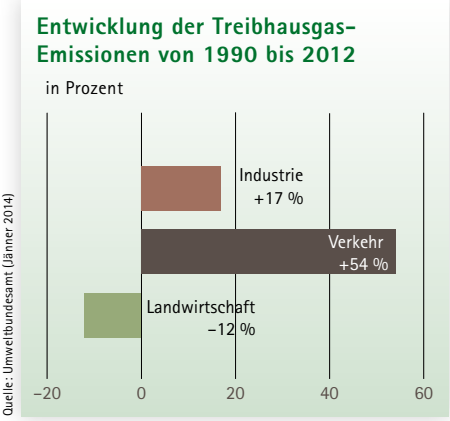


Abb. 6: Im Sektor Landwirtschaft wurden die Treibhausgas-Emissionen seit 1990 um 12 % reduziert.

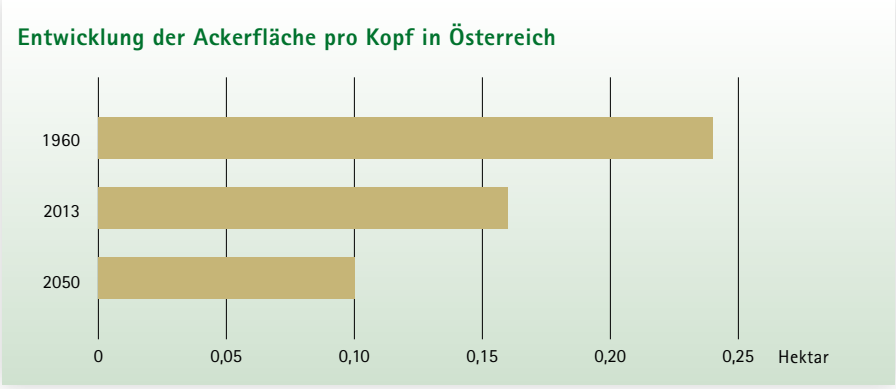
ve ökologische und wirtschaftliche Folgen. Die wirtschaftlichen Konsequenzen ergeben sich aus der Reduktion der Anbaufläche für Lebensmittel und der zunehmenden Abhängigkeit Österreichs von Lebensmittelimporten. So stellt die Bodenversiegelung auch eine steigende Gefahr für die Versorgungssicherheit mit heimischen Lebensmitteln dar. Die ökologischen Folgen sind ebenfalls dramatisch, da der Boden als CO_2-Speicher entscheidend für eine funktionierende Umwelt und ein intaktes Klima ist. Wenn derart große Flächen des CO_2-Speichers „Boden" versiegelt werden, wird der Klimawandel mit einer Zunahme von Wetterextrem-Ereignissen beschleunigt. Auch die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen und zu speichern, fällt weg, was zu entsprechenden negativen Folgewirkungen, wie beispielsweise Überschwemmungen, führen kann. Kurz gesagt: Fruchtbarer Boden ist die Lebensgrundlage aller Menschen weltweit, und es ist daher erforderlich, bereits auf nationaler Ebene Maßnahmen zur Reduktion des Flächenverbaus zu setzen.

Österreich: Über 8.000 ha landwirtschaftliche Fläche pro Jahr verbaut

Österreichs Landwirte bewirtschaften rund 1,3 Mio. Hektar Ackerland. Mehr als 8.000 Hektar – oder anders ausgedrückt, die durchschnittliche landwirtschaftliche Nutzfläche von 360 Bauernhöfen – werden jährlich in Österreich versiegelt und stehen damit für die Produktion landwirtschaftlicher Güter nicht mehr zur Verfügung. Tag für Tag verschwindet so die durchschnittliche Anbaufläche eines österreichischen Bauernhofes, pro Sekunde gehen 2,6 m^2 Boden für die Produktion von Nahrungsmitteln verloren. In 20 Jahren sind das bei gleichbleibender Versiegelung 160.000 Hektar – das entspricht etwa der gesamten Ackerfläche des Burgenlandes. Wenn die gegenwärtige Raumordnungspolitik so fortgesetzt wird, sind in Österreich in 166 Jahren Flächen im Ausmaß des gesamten Ackerlandes verbaut und damit kaum mehr grüne Flächen vorhanden. Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass seit 1960 300.000 Hektar fruchtbarer Boden durch Verbauung verloren gegangen ist.

Dramatischer Rückgang der Ackerfläche pro Einwohner

Die Ackerfläche, die für jeden Menschen zur Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung steht, ist ein wichtiger Parameter für die Sicherheit der Lebensmittelversorgung in Österreich. Und diese verfügbare Acker-



Quelle: Österreichische Hagelversicherung

Abb. 7: Die in Österreich pro Kopf verfügbare Ackerfläche hat sich in den vergangenen Jahren von 0,24 ha auf 0,16 ha vermindert – bis 2050 droht ein weiterer Rückgang auf 0,10 ha.

TÄGLICH WIRD IN ÖSTERREICH EIN BAUERNHOF VERBAUT
LEBENSMITTELVERSORGUNG GEFÄHRDET

Nicht nur die zunehmenden Schäden durch Naturkatastrophen, auch die tägliche Verbauung von 22,4 Hektar Boden (=durchschnittliche Größe eines Bauernhofes) gefährden die Versorgung mit heimischen Lebensmitteln.

www.hagel.at

Die Österreichische Hagelversicherung

fläche pro Kopf ist kontinuierlich rückläufig. Während im Jahr 1960 durchschnittlich auf jeden Einwohner in Österreich 2.400 m² Ackerfläche kamen, stehen wir im Jahr 2013 bei rund 1.600 m² (s. Abb. 7). In der Europäischen Union stehen im Schnitt pro Kopf rund 2.140 m² Ackerfläche zur Verfügung, womit Österreich deutlich unter dem Durchschnitt liegt.

Wenn der Bodenverbrauch nicht reduziert wird und weiterhin über 8.000 Hektar pro Jahr verbaut werden, so stehen 2050 nur noch 1.000 m² Ackerfläche pro Österreicher zur Verfügung. Auch unter Berücksichtigung einer Produktivitätssteigerung geben diese Zahlen Anlass zur Sorge. Eine sichere, nachhaltige Versorgung mit klimaschonenden heimischen Lebensmitteln ist bei gewissen Produkten zukünftig in Gefahr. Während in Österreich pro Jahr rund 0,29 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche – meist fruchtbarste Böden in Gunstlagen – irreversibel verbaut werden, wird in Deutschland wesentlich schonender mit der Ressource Boden umgegangen. Nur rund 0,20 Prozent der Ackerfläche Deutschlands werden jährlich versiegelt (s. Abb. 8).

Mehr Bodenschutz in Österreich erforderlich

Diese besorgniserregende Entwicklung beim Bodenverbrauch in den vergangenen Jahrzehnten muss durch sorgsamen Umgang mit der unwiederbringlichen Ressource Boden – der Basis unseres Lebens – insbesondere im Interesse künftiger Generationen angehalten werden. Dazu sind in Österreich erhöhte Sensibilität und mehr Bewusstsein für dieses existenzielle Thema erforderlich. Ein Land, das immer weniger fruchtbaren Boden zur eigenen Lebensmittelproduktion

zur Verfügung hat, wird sich in Zukunft mit einer steigenden Verletzbarkeit der nachfolgenden Generationen mangels ausreichender heimischer Versorgungssicherheit konfrontiert sehen. Zudem führen immer mehr verbaute Fläche und die damit verbundene Zersiedlung zu einem langfristigen Schaden für das Tourismusland Österreich. Es ist daher existenziell, mit einer bodenschonenden Raum- und Verkehrsplanung das Land und das Klima zu schützen.

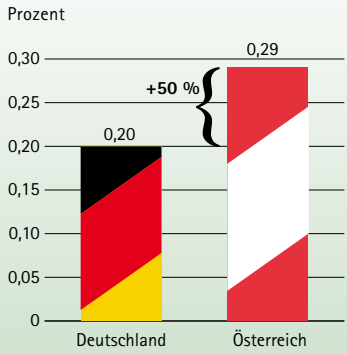
Innovation für nachhaltigen Schutz der natürlichen Ressourcen

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass menschliche Aktivitäten das Klima der Erde nachweislich beeinflussen. Durch die Veränderung der Landoberfläche und steigende Treibhausgas-Emissionen kommt es zu einer Änderung der atmosphärischen Gaskonzentrationen. In mehreren Auswertungen konnte gezeigt werden, dass das Klima sich weltweit verändert und dass diese Veränderungen größtenteils durch menschliche Einflüsse verursacht werden. Die Klimaänderungen führen zu einer höheren Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Wetterextremen. Seit 1980 haben sich weltweit die wetterbedingten Naturkatastrophen verdoppelt.

Die globale, kontinentale, nationale und individuelle Verantwortung ist es, alle Maßnahmen zu setzen, um den Klimawandel zu bekämpfen. Dazu gehört die Reduktion der Treibhausgas-Emissionen durch eine Verbesserung der Energieeffizienz und den Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energiequellen, wie Wind, Biomasse oder Sonne. Die führenden Politiker der Welt sind sich darin einig, dass ein Anstieg der weltweiten Temperaturen um mehr als 2 °C gegenüber dem Niveau vor der Industrialisierung nicht zugelassen werden darf.

Wird diese Marke überschritten, würde sich durch die Zunahme von Naturkatastrophen global das Risiko von Nahrungsmittelengpässen erhöhen. Der Klimawandel kann nicht von heute auf morgen gestoppt werden. Je früher wir ihm aber entgegenwirken, desto besser werden wir in der Lage sein, für kommende Generationen ein lebenswertes Dasein auf unserem Planeten zu bewahren.

Jährlicher Verlust von landwirtschaftlich genutzten Flächen



Quelle: Umweltbundesamt, BMELV

Abb. 8: Die Verbauung landwirtschaftlicher Flächen schreitet in Österreich deutlich rascher voran als in Deutschland.

Literatur

[1] IPCC, 2012: Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.

[2] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[3] Österreichische Hagelversicherung, www.hagel.at.

[4] Statistik Austria, www.statistik.at.

[5] Topics GEO 2013 (Munich Re): Naturkatastrophen 2013. Analysen, Bewertungen, Positionen. Ausg. 2014.

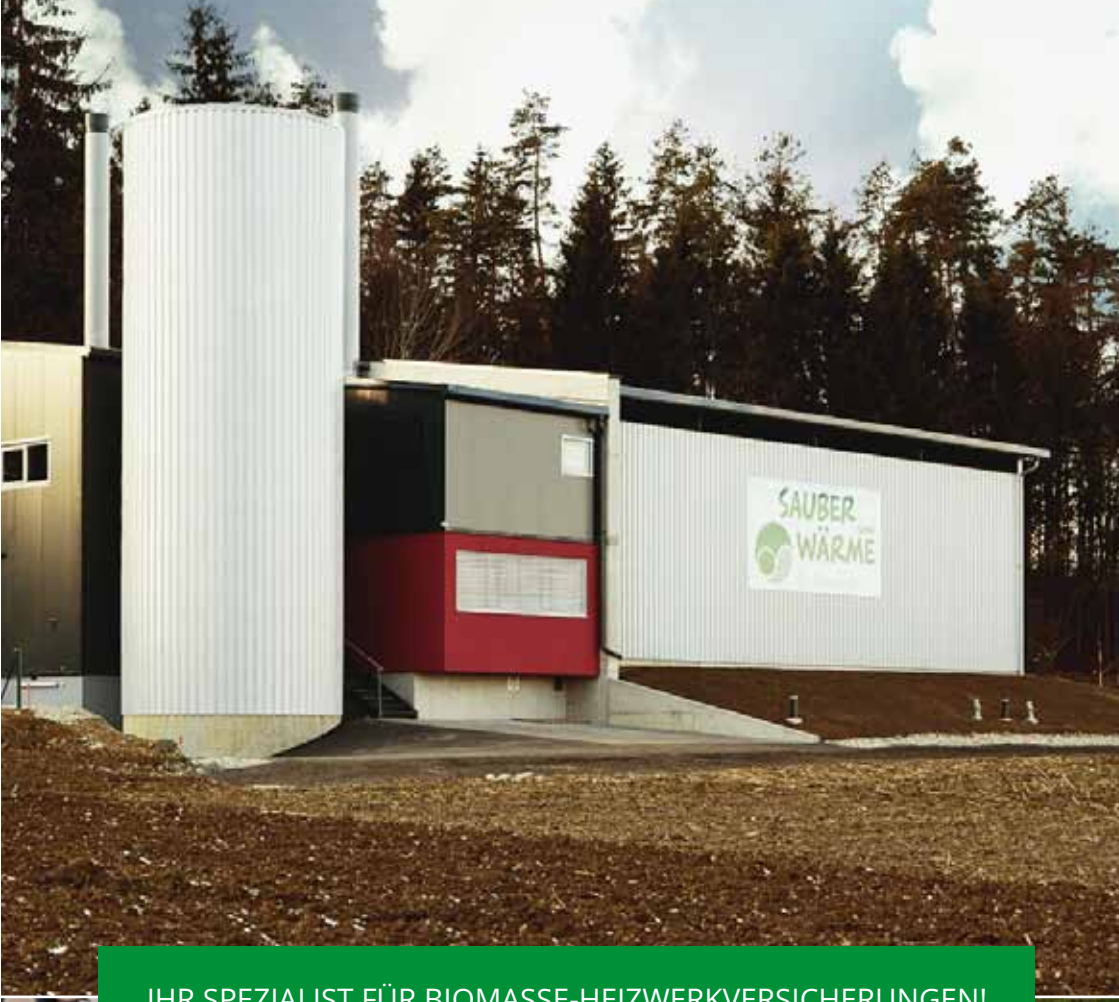
[6] Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.at.

[7] ZAMG, www.zamg.ac.at.

Dr. Kurt Weinberger

Vorstandsvorsitzender Österreichische Hagelversicherung,

weinberger@hagel.at



IHR SPEZIALIST FÜR BIOMASSE-HEIZWERKVERSICHERUNGEN!

G&G

GALLY VERSICHERUNGSMAKLER GMBH

KOBAN SÜDVERS GROUP AUSTRIA

Schulring 14, A-3100 St. Pölten I Tel.: +43 (0) 2742 310 130
Fax: +43 (0) 2742 310 135 I info@gally.at | www.gally.at

Gerald Karner

Versagen der Klimapolitik? Empfehlungen für die Sicherheitspolitik

Dass die Politik von der Wirtschaft dominiert wird, stellt prinzipiell kein Phänomen des 21. Jahrhunderts dar. Produktionswichtige Ressourcen bildeten seit jeher einen bedeutenden Faktor des Wohlstandes, teilweise auch der Existenz von Staaten. Bereits im Altertum wurden daher Kriege um Ressourcen geführt – nicht nur wegen eines Mangels an diesen, sondern sehr oft auch, um sich daran zu bereichern. Spätestens seit Beginn des Industriezeitalters spielen dabei auch jene Ressourcen eine entscheidende Rolle, die der Energieproduktion dienen. So sehr gerade die schrecklichsten Kriege der Neuzeit auch aus ideologischen Gründen begonnen wurden – die Herrschaft über Räume mit natürlichen Ressourcen spielte bei den Kriegsursachen stets eine Rolle, und entschieden wurden sie jedenfalls immer durch deren ausreichende Verfügbarkeit. Stabilität und Sicherheit im Sinn einer friedlichen Entwicklung stehen daher in direktem Zusammenhang mit der Energieproduktion. Verknappen sich die zur Energieproduktion benötigten Ressourcen – bzw. werden sie künstlich verknappt – steigen die Spannungen zwischen Ländern mit einem Mangel an diesen und solchen, die darüber verfügen. Dies zeigt auch der aktuelle Konflikt zwischen Russland und der Ukraine.

Die gegenwärtige Struktur des globalen Energieverbrauchs, die nach wie vor stark von der Nutzung fossiler Energieträger, wie Kohle, Öl und Gas, geprägt ist, hat nicht nur gravierende Auswirkungen auf das globale Klima, sondern auch eine außen- und sicherheitspolitische Dimension. Dazu kommt allenfalls verschärfend die Frage, inwieweit die Klimafolgen der Energiepolitik Konflikte verstärken oder sogar auslösen.

Zunehmende Konkurrenz um fossile Ressourcen

Der Zugang zu Energieressourcen ist in vielen Regionen mit geostrategischen Fragen sowie Aspekten regionaler Vorherrschaft verknüpft. Die Region Zentralasien verfügt über umfangreiche Gas- und Ölvorkommen, ist aber gleichzeitig durch politische Instabilitäten geprägt. Da der Energiebedarf nicht nur in Industriestaaten weiter steigt, sondern in beträchtlichem Maße auch in bevölkerungsreichen Schwellenländern, wie China und Indien, verstärkt sich zunehmend die Konkurrenz um strategische Zugänge zu Erdöl- und Erdgasvorkommen. Dies betrifft vor allem Länder, die in hohem Maße von Energieimporten abhängig sind. Eine ökologische Transformation der Energieversorgungssysteme stellt somit nicht nur ein umweltpolitisches Erfordernis dar, sondern kann durch die Diversifizierung des Energiemixes auch eine friedensstiftende Wirkung entfalten.

Energiesicherheit

Die Energieversorgung der EU weist bereits jetzt, unter anderem durch die zunehmende relative Knappheit von Erdöl und Erdgas, eine deutliche Verwundbarkeit auf. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Importabhängigkeit der EU 28 bis 2030 von 47,1 % auf 67,5 % erhöhen wird

(s. Abb. 1). Besonders Regionen, die über die umfangreichsten „freien" Vorkommen an fossilen Energieträgern verfügen, erweisen sich häufig als risikobeladen. Dies betrifft mit Blick auf die Welterdölreserven vor allem die Golfregion, während sich fast zwei Drittel des Welterdgasvorkommens auf das Gebiet zwischen Westsibirien und der kaspischen Region konzentrieren. Als mögliche Folge drohen Engpässe bis hin zu kompletten Ausfällen bei Energielieferungen. Diese können durch verschiedene soziale und politische Spannungen, wie beispielsweise Lieferblockaden und Regionalkonflikte, erzeugt werden.

Der Ausbau der verbrauchernahen Nutzung erneuerbarer Energieträger kann mit Blick auf diese Risiken eine Strategie zur Senkung von Importabhängigkeiten darstellen. Dieser strategische Wert erneuerbarer Energien ist – auch in Bezug auf den globalen steigenden Energieverbrauch in Entwicklungsländern – bisher kaum erkannt. Und wenn doch, fand diese Erkenntnis bislang kaum die erforderliche Berücksichtigung in der realen Energiepolitik.

Innere Sicherheit – Verwundbarkeit von Energieversorgungssystemen

Energieversorgungssysteme zählen zu den kritischen Infrastrukturen. Im Rahmen einer Verwundbarkeitsanalyse der in Deutschland zur Anwendung kommenden Energieversorgungssysteme wurde deutlich, dass die einzelnen Energieträger und Anlagen sowie die Übertragungsnetze deutlich unterschiedliche Verwundbarkeitsniveaus aufweisen. Damit sind sie in verschiedenem Maße anfällig gegenüber möglichen terroristischen Anschlägen oder den Auswirkungen extremer Wetterereignisse. Insbesondere die Risiken der Atomenergie heben sich hierbei sicherheitspolitisch in ihrer Dimensionalität und Kritikalität deutlich von allen anderen Energieversorgungssystemen ab: Sollte es zu einem Angriff kommen, droht im schlimmsten Falle eine internationale Destabilisierung. Anders als bei konventionellen Energieanlagen ist das Sicherheitsrisiko bei Anlagen der erneuerbaren Energien (mit Ausnahme großer Wasserkraftanlagen) durch deren Dimensionierung, Dezentralität und die nahezu bestehende Unmöglichkeit von (Brennstoff)-Explosionen reduziert. Wie bei konventionellen Anlagen sind je-

© ABiNa

Eine dezentrale, verbrauchernahe Versorgung mit erneuerbaren Energien kann einen Beitrag zur inneren Sicherheit leisten.

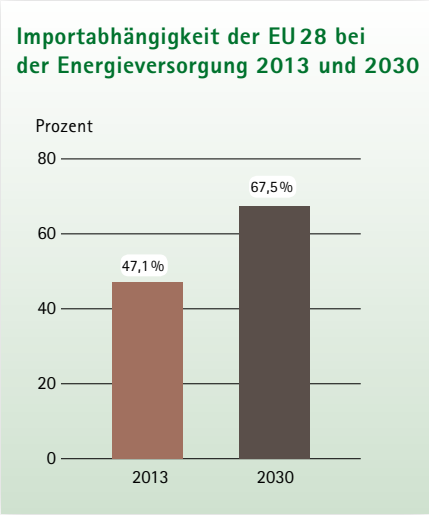


Abb. 1: Bis 2030 wird sich die Abhängigkeit der EU 28 von Energieimporten voraussichtlich auf 67,5 % erhöhen (+43 %)

doch auch bei erneuerbaren Energien die Netze für Sicherheitsrisiken anfällig. Ein systematischer, möglichst verbrauchernaher Ausbau erneuerbarer Energien kann daher einen Beitrag zur inneren Sicherheit darstellen.

Klimasicherheit

Die Erkenntnisse der Klimaforschung lassen auf einen deutlich schneller eintretenden Klimawandel mit erheblichen regionalen Auswirkungen schließen, als bislang angenommen wurde. Durch den massiven Rückgang an fruchtbaren Böden und der Wasserverfügbarkeit ist auch das verstärkte Auftreten von regionalen Ressourcenkonflikten zu befürchten. Gleichzeitig ist absehbar, dass der weltweit steigende Energiebedarf in Entwicklungsländern bis 2030 überproportional zunehmen wird. Das beschwört nicht nur die Gefahr steigender Preise für die Energieversorgung in den Industrieländern, sondern unter Umständen handfeste Konflikte um die Ausbeutung von Energieträgern. Durch die enge Beziehung zwischen Entwicklungen im Energiesektor und dem Ausmaß des Klimawandels bildet sich hierbei zunehmend ein sicherheitspolitischer Klima-Energie-Komplex heraus, für den integrierte Lösungsansätze zu suchen sind. Werden diese nicht schnell genug umgesetzt, drohen nicht mehr nur lokal begrenzte Ressourcenkonflikte, sondern auch (über-)regionale Konfliktlagen.

Sicherheitsrisiko Energiearmut

Gravierende Energiearmut stellt in vielen Ländern der Welt einen wesentlichen Bedrohungsfaktor menschlicher Sicherheit dar. Der Rückgriff auf traditionelle Biomasse in Entwicklungsländern unter Nutzung offener Feuerstellen als Energiequelle hat vor allem gesundheitlich, aber auch in Bezug auf wirtschaftliche und soziale Entwicklungschancen besonders für Frauen und Kinder erhebliche negative Auswirkungen. Die möglichen Folgen einer massiven, nicht nachhaltigen Ausbeutung von Biomasse zeigen, dass auch Lösungsansätze im Bereich der erneuerbaren Energien differenziert zu betrachten sind. Für den Ausbau der Palmölnutzung in Indonesien oder

© Archiv ÖBMV

Der Verlust von fruchtbaren Böden und Trinkwasservorkommen erhöht weltweit das Risiko von Ressourcenkonflikten.

Malaysia zu Exportzwecken werden z. B. soziale und ökologische Folgeschäden in Kauf genommen. Ferner kollidiert dieser Ansatz vielfach mit den Rechten indigener Völker, sodass auch lokale Konflikte aus einem nicht politisch begleiteten globalen Bioenergiehandel folgen können. Ob ein Entwicklungsland eine – für die Entwicklung unabdingbare – funktionierende Energieversorgung etablieren kann, scheint dabei unabhängig vom heimischen Vorhandensein fossiler Energieträger zu sein.

Investitionen

Investitionen spielen sowohl bei der Energiesicherheit als auch im Bereich der Entwicklung eine wesentliche Rolle, Ähnliches gilt für die Rolle von Energiemärkten. Die Bezüge zur Sicherheitspolitik sind jedoch primär indirekter Natur. Bestehen kostspielige Importabhängigkeiten, so können Preisschübe infolge wachsender Weltmarktpreise umfassende gesellschaftliche Krisen hervorrufen, vor allem in hoch verschuldeten Entwicklungsländern, die eine hohe Energieimportabhängigkeit aufweisen. Die Diversifizierung des Energiemixes ist in diesen Ländern ebenso wie in Europa geboten, wie die wiederholten Krisen und Konflikte um russische Energielieferungen zeigen. Investitionen in den russischen Energiesektor werden gegenwärtig erschwert, sodass eine Ausweitung der Energie-Bezugsquellen ratsam scheint, um die Abhängigkeitsverhältnisse mit dem russischen Partner wieder auszubalancieren.

Eine möglicherweise in Zukunft zunehmend relevante Frage beträfe eine Abkehr von der Abwicklung des globalen Ölhandels in US-Dollar, wie sie seitens des Iran ins Spiel gebracht wurde. Ein entsprechendes Vorgehen könnte zu erheblichen weltwirtschaftlichen

Instabilitäten führen, sicherheitspolitische Auswirkungen sind hier jedoch spekulativ.

Schlussfolgerungen

Der Klimawandel und seine potenziellen Folgen sowie Energiesicherheit sind globale Herausforderungen mit enormer sicherheitspolitischer Relevanz. Sie wären daher primär auch auf globaler Ebene zu lösen. Bislang haben sich dazu jedoch die zur Lösung globaler Probleme berufenen Organisationen als unfähig bzw. ungeeignet erwiesen. Dies liegt hauptsächlich an der Struktur der Vereinten Nationen (UNO), die nach wie vor auf der sicherheitspolitischen Lage nach dem Zweiten Weltkrieg und damit auf den Rechten bzw. Vorrechten einzelner Nationalstaaten aufbaut. Eine Veränderung dieser Ausgangssituation ist zwar kaum in Sicht, an einer Stärkung dieser supranationalen Instanz und ihrer Unterorganisationen wird jedoch zu arbeiten sein. In einer Übergangsperiode von Energieproduktion und -nutzung, die von verstärkten Konfliktsituationen geprägt ist, führt jedenfalls an enger regionaler Kooperation kein Weg vorbei, sollen Frieden und Stabilität erhalten bleiben.

Energieversorgungssysteme, die auf der Nutzung erneuerbarer Energien beruhen, können bei einem systematischen und durchdachten Ausbau neben einem ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen auch einen friedenspolitischen Beitrag leisten: Zum einen sind die Versorgungsstrukturen vielfach dezentral ausgerichtet – eine Situation, die sich auch mit dem massiven Ausbau nur begrenzt ändern dürfte. Zum anderen kann die Unabhängigkeit von Energieträger-Importen gesteigert werden. Dies gilt im Falle eines nachhaltigen Ausbaus der Nutzung von Biokraftstoffen nur bedingt, allerdings sind die potenziellen Exporteure weniger auf instabile Regionen konzentriert. Darüber hinaus können durch den gezielten Ausbau erneuerbarer Energien substanzielle Beiträge zur Stabilisierung von Entwicklungsländern geleistet werden: Ein Aufbau dezentraler Energienetze mittels erneuerbarer Energien kann helfen, die Energiearmut dort zu mildern und den drohenden Klimawandel zumindest zu begrenzen.

Eines muss jedenfalls klar sein, und diese Feststellung scheint besonders in Zeiten schleichender Renationalisierung bedeutsam: Eine nachhaltige Bearbeitung bzw. eine Lösung der Probleme, die sich aus einem Klimawandel bzw. der ungleichen Verteilung der energierelevanten Ressourcen ergeben, muss an den Wurzeln ansetzen und darf nicht die Symptome bekämpfen. Für die Sicherheitspolitik bedeutet das, die kooperativen und multinationalen Bemühungen zu verstärken, den Frieden zu sichern, regionale Konflikte zu beenden – ja gegebenenfalls sogar höhere, die Rechte der Menschen berücksichtigende Interessen gegenüber lokalen Despoten durchzusetzen. Ungeachtet der realpolitischen Situation gilt etwa: Wäre die Ukraine heute bereits EU-Mitglied, so würde es den Konflikt mit Russland so nicht geben, weil dies dann per se ein Problem zwischen der EU und Russland wäre anstatt zwischen zwei Nationalstaaten und sich die Auseinandersetzung in Entstehung und Verlauf ganz anders darstellen würde.

Vorstellungen, nach denen die nationalen Instrumente der Sicherheitspolitik inklusive der militärischen neuerlich und vorrangig der Abschottung nach außen, der Abhaltung und Abschreckung zu dienen hätten, würden einen Rückschritt in der sicherheitspolitischen Entwicklung darstellen; sie würden die Probleme nicht nur nicht lösen, sondern letztlich sogar zu ihrer Verschärfung beitragen.

Gerald Karner
Aventus GmbH,
gk@aventus-services.com

Informations-Offensive

In Print und TV

Die Informationsoffensive „Gute Wärme wächst nach“ bietet geballte Informationen rund um das Thema Heizen mit Holz. In drei Fernsehspots wird die Bedeutung von Holz für Energiewende und Klimaschutz beleuchtet. Sujets und Advertorials verdichten diese Informationen für Printmedien.

Eigens erstellte Website

Die eigens erstellte Website wärmeausholz.at bietet eine Fülle an Hintergrundinformationen in Form von Fact Sheets, animierten Videoclips und Experteninterviews. Ein Mehrwertrechner zeigt die CO_2-Emissionen, Brennstoffkosten und Gesamtkosten verschiedener Heizsysteme auf.

Einfach, praktisch, gut

Neben einer ausführlichen Erklärung der verschiedenen biogenen Heizsysteme und Brennstoffe, vereinfacht eine kartenbasierte Suche das Auffinden von Brennstofflieferanten, Biowärme-Rauchfangkehrern und -Installateuren, Hafnern sowie Ofen- und Kesselproduzenten. Bleiben noch Fragen offen, bietet der FAQ-Bereich, die Möglichkeit tiefer in die Materie einzudringen.

Wer das Klima schützen will, kann es sich jetzt gemütlich machen.

Heizen wir mit Holz, heizen wir im CO_2-Kreislauf der Natur. Denn die Verbrennung von Holz setzt nur so viel CO_2 frei, wie der Baum im Laufe seines Wachstums der Atmosphäre entzogen hat. Die gleiche Menge CO_2 würde auch in die Umwelt gelangen, wenn das Holz ungenutzt im Wald verrottet. Ob vollautomatische Pelletheizung oder heimeliger Kachelofen – moderne Holzöfen und -kessel bieten für jeden die passende Art, mit Holz sauber und mit hohem Wirkungsgrad zu heizen.

Gute Wärme wächst nach.

wärmeausholz.at

Bei der Verbrennung von Holz wird nur so viel CO_2 freigesetzt, wie ein Baum während seines Wachstums aus der Atmosphäre aufnimmt. Heizen mit Holz ist somit CO_2-neutral und ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

Kreislauf statt Einbahn.

Bei jedem Verbrennungsvorgang entsteht Wärme – und CO_2. So sehr wir Energie und Wärme brauchen – das CO_2 stellt uns vor große Herausforderungen. Denn seit Beginn des industriellen Zeitalters hat der Mensch in immer größerem Umfang seinen Energiehunger gestillt, indem er fossile Brennstoffe verbraucht hat. Zunächst nur Kohle, später auch Erdöl und -gas. Das dabei entstandene CO_2 hat sich in der Atmosphäre angereichert und ist in hohem Maße für den Klimawandel verantwortlich.

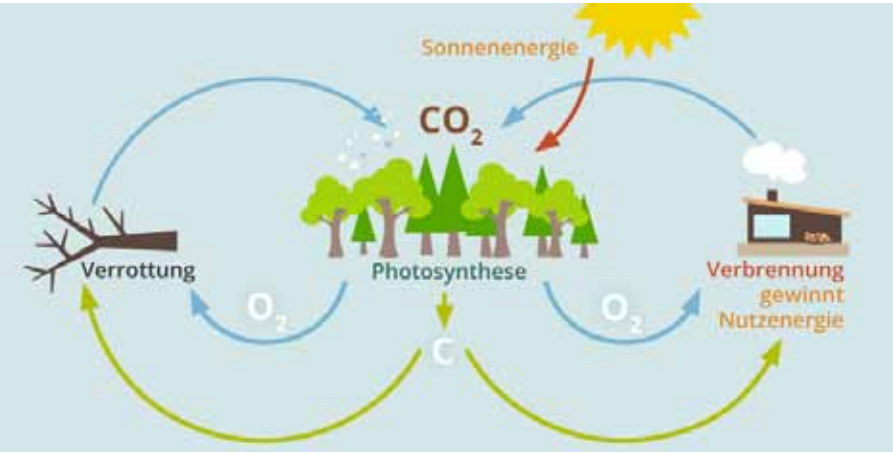
Auch bei der Verbrennung von Holz entsteht CO_2. Der gewaltige Unterschied zu fossilen Brennstoffen ist jedoch: Es wird nur so viel CO_2 erzeugt, wie der Baum, dessen Holz wir verwenden, während seines Wachstums aus der Atmosphäre aufgenommen hat. In Summe also ist Heizen mit Holz klimaneutral.

Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie.

Bäume und Pflanzen wandeln in einem stetigen biochemischen Prozess seit Urzeiten die Energie des Sonnenlichts in Biomasse um. Für diesen Prozess, den wir Photosynthese nennen, holt sich die Pflanze das benötigte CO_2 direkt aus der Atmosphäre, verwendet den Kohlenstoff (C) zum Wachstum und setzt den Sauerstoff (O_2) wieder frei. Holz ist also nichts als pure gespeicherte Sonnenenergie. Energie, die wir nach Belieben nutzen und einsetzen können – mit Holz hat uns die Natur also bereits vor Jahrtausenden einen perfekten Energiespeicher bereitgestellt.

Saubere Lösung: Moderne Holz-Heizungen.

Moderne Öfen und Kessel regeln den Verbrennungsvorgang so optimal, dass dieser hocheffizient abläuft. Dabei messen meist Sonden die Zusammensetzung der Abgase und regeln Luft- und Brennstoffzufuhr. Das Ergebnis: Die saubere Verbrennung schont die Umwelt und der hohe Wirkungsgrad Ihre Heizkosten. Besonders erfreulich ist, dass die österreichischen Kessel- und Ofenhersteller Vorreiter und Technologieführer in Sachen sauberer und effizienter Verbrennung sind. Zwei von drei in Deutschland installierten Heizkesseln stammen aus Österreich.



CO_2-Kreislauf: Der Wald speichert bei der Photosynthese die Sonnenenergie als Biomasse (C) und gibt Sauerstoff (O_2) frei. Wärme aus Holz ist klimaneutral, weil das CO_2 aus Holzfeuerungen im Kreislauf bleibt.

EINE INITIATIVE DES ÖBMV MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION

Hier wächst das Rückgrat der Energie-wende.

Beim Thema erneuerbare Energien denken die meisten sofort an Sonne, Wind und Wasser. Dabei stammt mehr als die Hälfte der erneuerbaren Energie in Österreich aus Biomasse. Kein Wunder, schließlich wenden wir auch den größten Teil unseres Energieverbrauchs für Wärme auf. Heizen mit Holz spielt daher jetzt und in Zukunft die entscheidende Rolle bei der Energiewende: als umweltfreundliche, CO_2-neutrale und noch dazu günstige Alternative zu Öl und Gas.

Gute Wärme wächst nach.

wärmeausholz.at

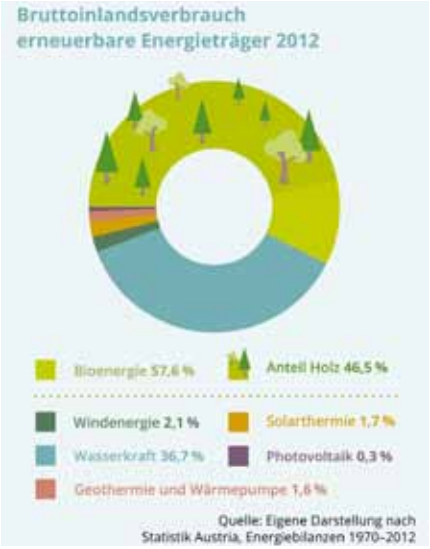
Die Energiewende ist eines der großen Vorhaben unserer Generation. Sie bedeutet nichts anderes, als dass wir in Zukunft unsere Energieversorgung komplett mit erneuerbaren Energien bewerkstelligen wollen – CO_2-neutral und unabhängig von fossiler oder atomarer Energie.

Das fossile Zeitalter endet.
Kaum jemand bezweifelt mehr, dass die Energiewende für uns und spätere Generationen überlebenswichtig sein wird. Das hat hauptsächlich zwei Gründe: Zum einen sind erneuerbare Energien klimaneutral – sie belasten unser Klima nicht durch zusätzliche Freisetzung von klimaschädlichem CO_2. Zum anderen ist der Umstieg auf erneuerbare Energien die einzige Möglichkeit, von den fossilen Ressourcen Gas, Kohle, Uran und vor allem Erdöl unabhängig zu werden. Die zunehmende Knappheit dieser Ressourcen zwingt uns, nach nachhaltigen Alternativen zu suchen.

Die Alternative: Sonne, Wind, Wasser ...
Die Atomkatastrophen von Fukushima und Tschernobyl haben gezeigt, dass Atomkraft keine solche Alternative ist. Also setzen viele bei der Energiewende auf Strom aus Sonne, Wind und Wasser. Tatsächlich leisten diese drei erneuerbaren Energien gute Arbeit: Durch die Zunahme an Windparks, Photovoltaikanlagen und die schon lange bestehende große Zahl von Wasserkraftwerken produziert Österreich schon jetzt einen großen Teil seines Stroms auf erneuerbare Art und Weise.

... und vor allem Biomasse.
Mehr als die Hälfte der erneuerbaren Energie stammt aus Biomasse. Der Großteil davon ist Wärme aus Holz. Für die Energiewende ist das besonders wichtig, da wir über die Hälfte unseres Energieverbrauchs für Wärme, etwa zum Heizen unserer Häuser und Wohnungen, und zur Warmwasseraufbereitung benötigen.
Klassische elektrische Anwendungen, wie der Betrieb von Elektromotoren, Beleuchtung und Elektrogeräte, machen nur etwa 12 % unseres Energieverbrauchs aus. Auch für die Stromproduktion spielt Holz eine bedeutende Rolle: In sogenannten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen kann es in Strom und Wärme umgewandelt werden. Jede zweite Kilowattstunde Ökostrom wurde 2012 aus Biomasse erzeugt.

Mit Holz in eine nachhaltige Zukunft.
In Österreichs Wäldern wächst jedes Jahr mehr Holz nach, als geerntet wird. Holzbrennstoffe sind ein Nebenprodukt der Holzernte und Holzverarbeitung. Je mehr Holz wir als Baustoff, für Möbel oder andere Holzprodukte verwenden, umso mehr Holzbrennstoffe stehen uns zur Verfügung. Mit der Menge Restholz, die bei der Produktion eines Holzhauses anfällt, kann dieses bei guter Dämmung etwa 70 Jahre beheizt werden. Brennholz und Waldhackgut sind Nebenprodukte aus der Holzernte. Rinde und Sägespäne stammen aus der Holzverarbeitung im Sägewerk. Letztere werden zu Pellets weiterverarbeitet.



Aus Biomasse wird mehr Energie erzeugt als aus allen anderen erneuerbaren Energien zusammen, das macht Holz mit einem Anteil von 46,5 % zum wichtigsten erneuerbaren Energieträger.

EINE INITIATIVE DES ÖBMV MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION

Wenn wir übers Heizen reden, sollten wir auch an den Nachwuchs denken.

Holz ist ein nachwachsendes Naturprodukt und steht uns im Gegensatz zu Öl, Gas und Kohle dauerhaft zur Verfügung: Fast die Hälfte Österreichs ist mit Wald bedeckt. Jede Sekunde wächst ein Kubikmeter Holz nach, mehr als geerntet wird. So entsteht direkt vor unserer Haustür ein Rohstoffvorrat, der Österreichs Energieversorgung nicht nur unabhängiger macht, sondern auch rund 300.000 Einkommen sichert.

Gute Wärme wächst nach.

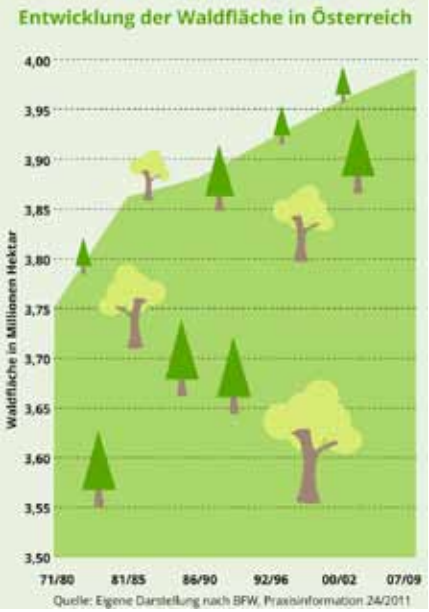
wärmeausholz.at

Holz spielt in unserem Leben eine wichtige Rolle. Es ist ein vielseitiger Rohstoff: Als Baumaterial ist es beständig, als Werkstoff Grundlage unserer Möbel und Wohnungseinrichtung. Es ist Ausgangsmaterial für die Papierherstellung und wärmt unser Zuhause. Das Beste aber ist: Holz wächst immer wieder nach und steht so auch zukünftigen Generationen zur Verfügung.

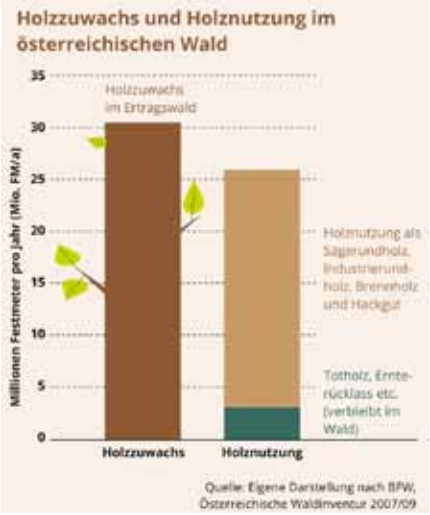
Der Wald: Heimat der Nachhaltigkeit.
Der Begriff Nachhaltigkeit ist schon sehr alt. Schon 1713 stellte Hans Carl von Carlowitz, Berghauptmann in Kursachsen, richtigerweise fest, dass man, um einen Wald langfristig bewirtschaften zu können, nur soviel Holz ernten dürfe, wie wieder nachwächst. An diese Erkenntnis halten wir uns heute noch – genauer gesagt die österreichischen Waldbesitzer, Förster und Forstarbeiter.

Ein vielfältiger Lebensraum.
Wald bietet uns also einen lebenswerten Naturraum, der jedes Jahr größer wird und uns mit einer wichtigen Ressource versorgt: Holz. Heute ist für Waldbesitzer und Forstbetriebe das Verständnis von nachhaltiger Bewirtschaftung mehr als das bloße Pflanzen und Ernten von Bäumen: Es ist ein achtsamer und sorgfältiger Umgang mit dem Ökosystem Wald. Schließlich hat der Wald in Österreich neben der Holzproduktion noch weitere vielfältige Aufgaben: Er ist Lebensraum für Tiere und Pflanzen, Erholungsgebiet und erfüllt wichtige Schutz- und Wohlfahrtsfunktionen, indem er das Erdreich festigt, vor Lawinen schützt und für sauberes Trinkwasser sorgt.

Wachstumsmotor Wald.
Der österreichische Wald sichert rund 300.000 Einkommen in über 172.000 Betrieben. Der jährliche Produktionswert der Wertschöpfungskette Holz beträgt rund 12 Milliarden Euro. 2011 konnte ein Außenhandelsüberschuss von 3,84 Milliarden Euro erwirtschaftet werden – Holz ist damit nach dem Tourismus der zweitwichtigste Devisenbringer in der heimischen Leistungsbilanz.



Fast die Hälfte Österreichs ist von Wald bedeckt – Tendenz steigend.



Im österreichischen Wald werden nur 75 % des jährlichen Holzzuwachses genutzt.

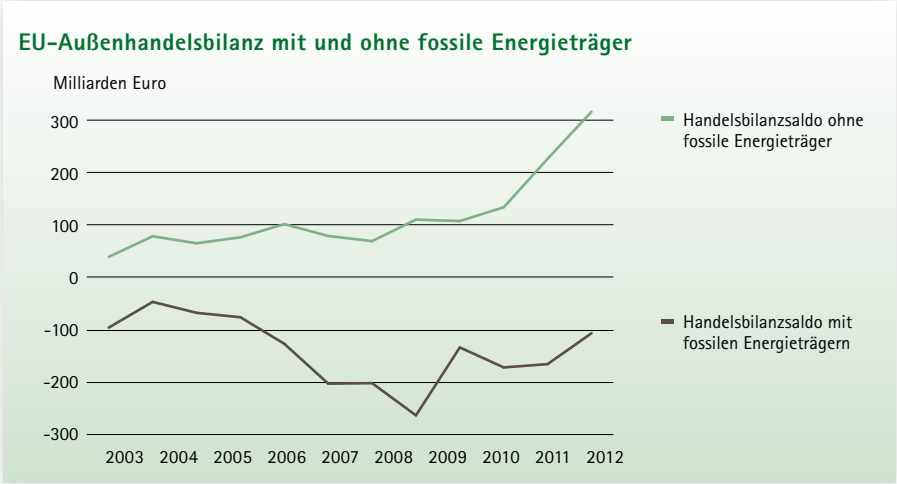
EINE INITIATIVE DES ÖBMV MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION

Georg Günsberg

Fracking, Shale, Ölsande & Co. – eine Bewertung des neuen fossilen Booms

Die Energiepolitik der Europäischen Union – und damit auch Österreichs – steht derzeit am Scheideweg. Die Diskussion über die neuen EU-Klima- und Energieziele ist ein Beispiel dafür. Die Kernfrage lautet: Versucht man ein Jahr vor der nächsten, entscheidenden UN-Klimakonferenz in Paris die Trendwende zu erwirken, die auf ambitionierten Klimaschutz durch den Ausbau erneuerbarer Energie bei gleichzeitiger Reduktion des Energieverbrauchs abzielt? Oder bleibt man in der fossilen Sackgasse, welche die Abhängigkeit von Importen für die meisten EU-Staaten erhöht und damit auch die Kosten steigen lässt?

Inspiriert durch laufende Jubelmeldungen aus den USA über den Schiefergas-Boom und Szenarien der Reindustrialisierung dank billiger Gasversorgung denkt auch Europa verstärkt über die Möglichkeiten nach, neue fossile Energieressourcen zu erschließen. Denn eines ist klar: Um den derzeit prognostizierten Weltenergiebedarf decken zu können, muss es massive Investitionen geben. Diese werden zum Machtkampf um Energie. Gezielt wird der neue fossile Boom heraufbeschwört. Dank neuer Technologien gewinnt man auf Basis von Fracking Öl und Gas aus Schiefergestein bzw. wird insbesondere in Kanada im Abbau von Ölsanden eine große Zukunft gesehen. In den Weltmeeren bohrt man immer tiefer nach fossilen Quellen und macht keinen Halt vor einzigartigen Naturparadiesen. Aber nicht nur aus ökologischer Sicht ist der aktuelle fossile Boom kritisch zu sehen.



Quelle: Eurostat; Grafik: Günsberg Politik- und Strategieberatung

Abb. 1: Die Außenhandelsbilanz der EU wird durch die Importe fossiler Energieträger gewaltig ins Minus gezogen.

Energieimportabhängigkeit setzt Europa unter Druck

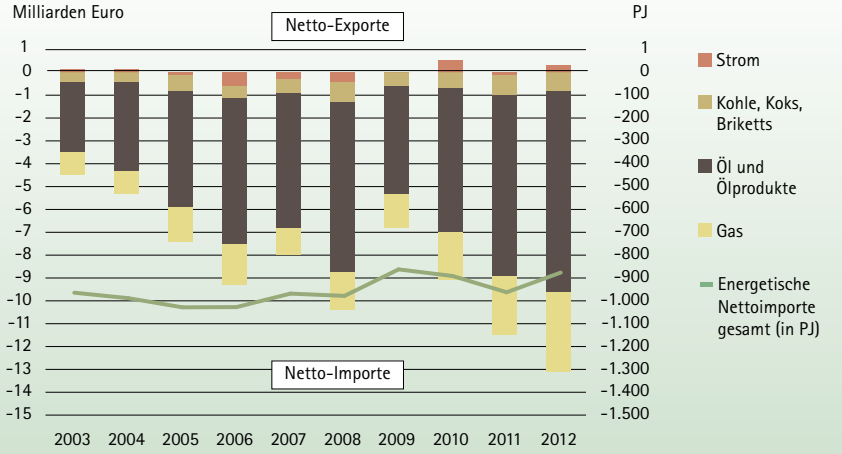
Die Russland-Ukraine-Krise verdeutlicht erneut, wie sehr Europa und auch Österreich von Öl- und Gasimporten abhängig sind. Die Energie-Außenhandelsbilanz ist deutlich negativ: 54 % der in Europa genutzten Energie müssen importiert werden. Die Kosten dafür steigen signifikant. Nicht, weil die Importmenge in den vergangenen Jahren so dramatisch gestiegen ist, sondern weil die EU-Staaten nach dem enormen Ölpreisanstieg jährlich mehr als 500 Milliarden (Mrd.) Euro netto für fossile Energieimporte ausgeben. Allein dadurch wird die Außenhandelsbilanz der EU negativ (s. Abb. 1).

Österreich ist zu rund zwei Drittel von Energieimporten abhängig. Die Kosten dafür liegen bei jährlich netto knapp 13 Mrd. Euro (s. Abb. 2). Brutto – also ohne Einbeziehung des Wertes von Energieexporten – waren es im Jahr 2012 mehr als 17 Mrd. Euro. Die Abhängigkeit ist bei Erdgas, aber noch deutlicher bei Ölimporten zu sehen. Die mediale Aufmerksamkeit konzentriert sich aktuell meist auf die Gasbilanz, da 50 % des russischen Erdgases durch die Ukraine nach Europa transportiert werden. 2012 importierte Österreich Gas im Wert von rund 3,5 Mrd. Euro und Rohöl bzw. Rohölprodukte im Wert von 8,8 Mrd. Euro. 70 % der österreichischen Gasimporte stammen – wie der aktuelle Mineralölbericht ausweist – aus Russland. Bei einer Importquote von rund 85 % ist Österreich damit zu rund 60 % von russischem Gas abhängig.

US-Shale: Boom …

Parallel dazu werben die USA mit ihrem Schiefergas-Erfolg. Ein Blick auf die Daten der US-Schiefergas- und -Schieferölproduktion zeigt tatsächlich eine deutliche Veränderung. Die erhöhte Produktionsmenge ist enorm, und Effekte auf die US-Energielandschaft können nicht verleugnet werden. Die Kernfrage wird sein, wie lange dieser erhöhte Output anhalten kann. Und vor allem, zu welchem Preis. Alle reden der zeit über Schiefergas. Aber nicht weniger

Österreichische Energie-Außenhandelsbilanz 2003 bis 2012



Quelle: Statistik Austria, Grafik: ÖBMV

Abb. 2: Bei konstanten bis sinkenden Energiemengen muss Österreich immer mehr Milliarden für Einfuhren von Fossilenergien bezahlen.

wichtig ist die deutlich erhöhte Produktion von Schieferöl (Light Tight Oil), wovon die USA mittlerweile über 3 Mio. Barrel pro Tag produzieren. Diese Menge entspricht über 4 % der Rohölproduktion am Weltmarkt.

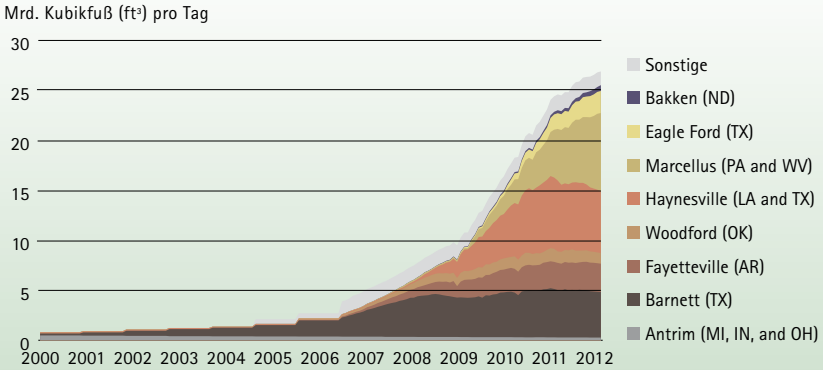
... oder Blase?

So beeindruckend die US-Shale-Entwicklung auch ist, so stellt sich doch die Frage, wie lange sie aufrechterhalten werden kann. Die enorme Produktionssteigerung aus US-Shale hat dazu beigetragen, dass die Erdgaspreise in den USA im Vergleich zu anderen Wirtschaftsregionen sehr niedrig bleiben. Mehr Angebot bei in den vergangenen Jahren schwächerer Nachfrage (Krisenjahre nach 2008) ist die simple Ursache. Dazu sind die massiven Investments des Kapitalmarkts in Betracht zu ziehen, der nach dem Finanzcrash neue Zukunftschancen bietet, und als weiteren Faktor eine Öl- und Gasbranche, die zu den finanzstärksten und mächtigsten der Welt gehört. Unbestritten ist, dass der Öl- und Gassektor für den Kapitalmarkt nach 2009 noch wichtiger geworden ist. Nach Analysen im Fachbuch „Fueling Up" (Herausgeber: The Peterson Institute for International Economics, 2014) sind 2009 und 2011 über 40 % aller gewerblichen Investitionen der USA in den Öl- und Gassektor geflossen.

Auch der britische Aktienindex ist ein Indikator: Vor mehr als zehn Jahren noch hatten Öl-, Gas- und Kohleunternehmen einen Anteil von rund 10 %. Heute liegt er nach Recherchen der Initiative „Carbon Tracker" bei über 30 %. Die Erwartungshaltung ist klar: Neue Markterschließungen bringen neue Abhängigkeiten, und in Zukunft will man Rendite sehen. Doch stellt sich auch die Frage, woher diese kommen sollen. Bei den US-Preisen vergangener Jahre ist Schiefergas nicht profitabel.

Es ist schwierig, aus den bekannten Untersuchungen standardisierte Werte für den Break-Even herauszufiltern, denn ein Merkmal gilt es bei der nicht-konventionellen Förderung von Öl und Gas zu berücksichtigen: Kaum ein Schiefergas-Feld gleicht dem anderen. Manche Quellen sprechen von langfristig 4 US-$/Mio. Btu (British thermal unit), manche von 7 US-$/Mio. Btu. Die Preiskurve der vergangenen beiden Jahre zeigt notwendigerweise auch schon

Entwicklung der US-Schiefergasproduktion seit 2000



Quelle: US Energy Information Administration

Abb. 3: Die Schiefergasproduktion in den USA wurde in den vergangenen zehn Jahren stark vorangetrieben, der Großteil des geförderten Gases kommt aus lediglich drei Feldern.

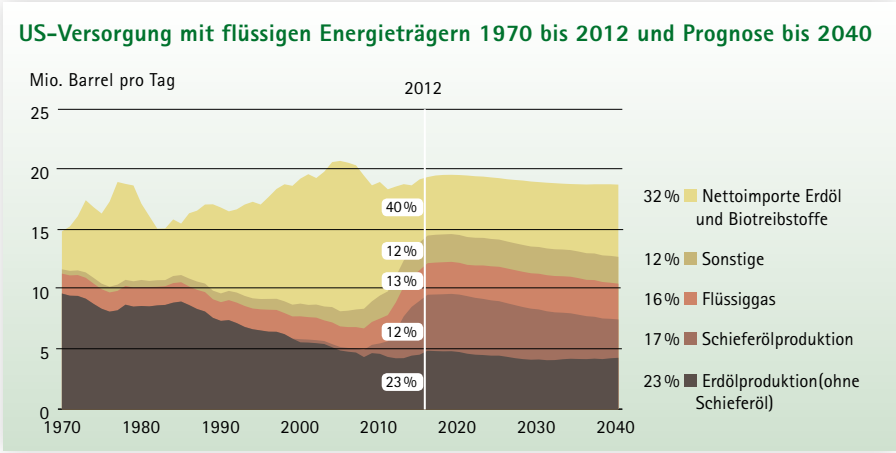
wieder nach oben. Parallel dazu sind laut IHS-Herold-Analyse die Investitionen in neue Felder vergangenes Jahr signifikant zurückgegangen. Wie der Geologe David Hughes in seiner Analyse unterstreicht, sollte strukturell folgender Umstand nachdenklich stimmen:

- 68 % der gesamten US-Schiefergasproduktion kommen aus drei Feldern.
- 74 % der gesamten US-Schieferölproduktion stammen aus zwei Feldern.

Dazu ist auch anzumerken, dass Shale bemerkenswerte „Decline-Raten" aufweist. Das heißt, es wird gleich zu Beginn der größte Output geschöpft – danach sinken die Förderraten rasch ab. Um die Produktionsmengen aufrechtzuerhalten, braucht es immer mehr Bohrungen. Die Anzahl der Bohrtürme wird weiter steigen, während die Produktionsraten nicht zwingend damit mithalten können. Der Input erhöht sich, der Output aber nicht. Wie viele Jahre kann die „Party" dauern? Die sogenannten „Low Hanging Fruits" werden folglich zuerst abgeschöpft. Diese sind erwartbarerweise am günstigsten. Eine signifikante Preissteigerung von US-Erdgas ist nahezu unvermeidlich. Wie lange der Boom dauert, ist generell fraglich. Zehn Jahre, 20 Jahre? Klar ist: Die Profitabilität von US-Light-Tight-Oil ist dank eines Weltmarktpreises von rund 100 US-$/Barrel höher als bei Schiefergas. Man kann gespannt sein, wie sich die Kluft der unterschiedlichen Märkte noch auswirken wird. Der Ölpreis bleibt hoch, aber auch der Gaspreis wird in den USA zwangsläufig steigen.

Weit entfernt von Energieunabhängigkeit

Tatsächlich haben die erhöhten Mengen dazu geführt, dass die Kluft zwischen Energieproduktion und -verbrauch in den USA verringert wurde. Zur viel zitierten Energieunabhängigkeit wird es allen seriösen Abschätzungen zufolge zwar nicht reichen, aber die Importkosten konnten in den USA reduziert werden. Laut „Fueling Up" lagen die US-Ausgaben für Energieimporte im Jahr 2012 bei 284 Mrd. US-$. Im Jahr 2008 lagen sie noch bei 408 Mrd. US-$ (der Höhepunkt bei den Importkosten). Trotz der gestiegenen Eigenproduktion importieren die USA derzeit ungefähr die gleiche Menge an Öl wie vor 20 Jahren. Der



Quelle: US Energy Information Administration

Abb. 4: Der Anteil von Schieferöl (Light Tight Oil) an der US-Versorgung mit flüssigen Energieträgern wird bis 2040 vermutlich von 12 % auf 17 % ansteigen.

Wert dessen ist inflationsbereinigt sogar dreimal so hoch wie damals. Es sollte aber nicht übersehen werden, dass dies auch mit einem stagnierenden Energieverbrauch zu tun hat. In Zukunft werden die neuen Treibstoff-Standards einen weiteren Rückgang ermöglichen.

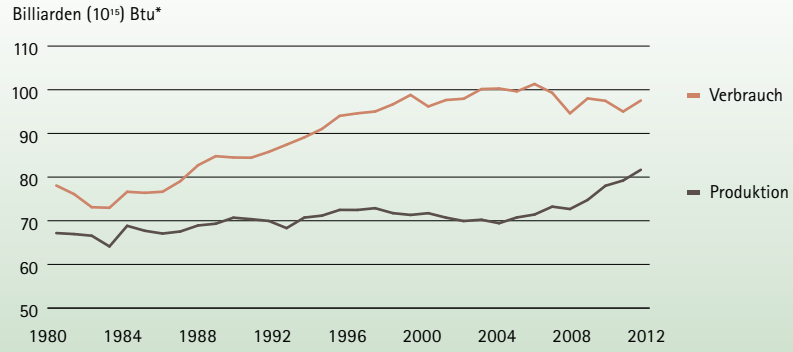
Die USA bleiben jedoch auch auf längere Sicht Energie-Nettoimporteur (s. Abb. 5). Insofern sind Verheißungen zur Option, verflüssigtes Erdgas nach Europa zu liefern, um die Abhängigkeit von Russland zu verringern, mit Vorsicht zu sehen. Erstens ist die Option teuer, zweitens sei der US-Energieexperte und Wachstumskritiker Richard Heinberg zitiert: „Bei all den Begehren und guten Vorsätzen gibt es bloß ein winziges Problem: Auf einer Nettobasis haben die USA weder Öl noch Gas für den Export übrig."

Reindustrialisierung versus Deindustrialisierung?

Nahezu täglich ist derzeit auch in österreichischen Medien von der US-Reindustrialisierung zu lesen. Tatsächlich siedeln sich Industriebetriebe aus einzelnen sehr energieintensiven Branchen aktuell in jenen US-Bundesstaaten an, die niedrige Erdgaspreise anbieten können. Zu berücksichtigen sind dabei auch die teils enormen regionalen Unterschiede innerhalb der USA. Eine entsprechende Strategie ist erkennbar, und diese ist nicht ohne Erfolg. Die Diskussion um die Voestalpine zeigt Rückwirkungen bis nach Österreich. Grundlage dafür ist die Preis-Disparität bei Erdgas zwischen den USA und anderen Wirtschaftsräumen. Der World Energy Outlook 2013 der Internationalen Energieagentur (IEA) macht die Unterschiede deutlich (s. Abb. 6). 2012 war der Höhepunkt der Preisunterschiede zwischen den USA und Europa.

Wie lang hält jedoch dieser Kostenvorteil an? Die Energiekosten sind in einigen Branchen ein relevanter Faktor. Zusätzlich sind jedoch insbesondere geringere Arbeitskosten und Grundstückspreise ein maßgeblicher Anreiz. Ob die Strategie der USA, mit billigem Gas energieintensive Industriezweige wie die Chemie-, Düngemittel- oder die Stahlindustrie anzuwerben, auch mittelfristig aufgeht, kann hinterfragt werden. Die Energiekosten werden auf Dauer kein entscheidendes Argument sein, wenn der US-Gaspreis wie in den vergangenen zwei Jahren weiter steigt – nach einem sehr geringen Niveau in den Jahren davor (s. Abb. 7).

Entwicklung von Energieproduktion und Energieverbrauch in den USA

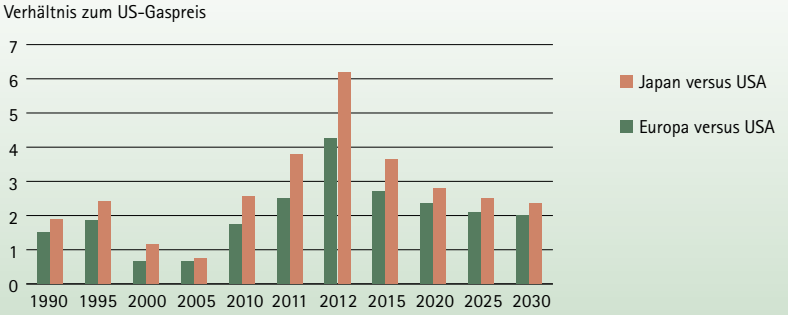


Quelle: US Energy Information Administration

*Abb. 5: Trotz gesteigerter Produktion von Schiefergas und Schieferöl sind die USA von der Energieautarkie weit entfernt. *Btu = British thermal unit*

Eine entscheidende Frage ist, wie sehr Energiekosten ein entscheidendes Kriterium für Standortentscheidungen sind. Zur Zeit wird immer über die energieintensive Industrie diskutiert. Wie die aktuelle Studie von Climate Strategies, einem Forschernetzwerk, unter anderem bestehend aus der renommierten London School of Economics, dem DIW Berlin und dem Wegener Zentrum in Graz, auf Basis von Daten aus Deutschland zeigt, sind Energiekosten nicht der entscheidende Faktor für die industrielle Wettbewerbsfähigkeit. Für 92 % der Industrie machen die Energiekosten nicht mehr als 1,6 % des Umsatzes aus. Das bedeutet nicht, dass die anderen 8 % irrelevant sind, aber es relativiert sich doch einiges, wenn man die enorme Priorität möglichst ambitionsloser Klima- und Energieziele auf der Agenda der Industrielobbys sieht.

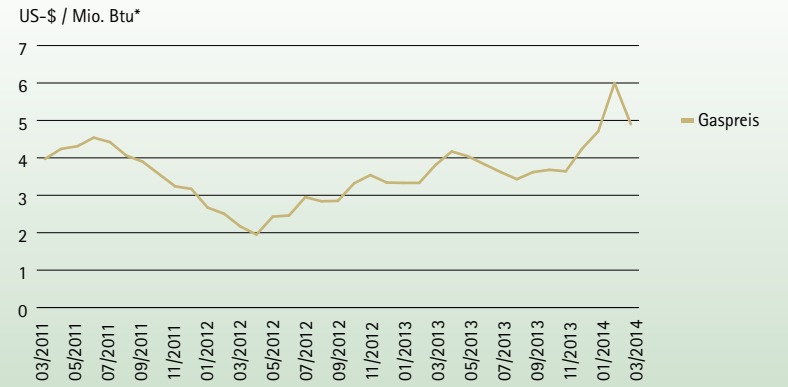
Relation der japanischen und europäischen Importpreise für Erdgas im Vergleich zu den US-Gaspreisen



Grafik: World Energy Outlook 2013

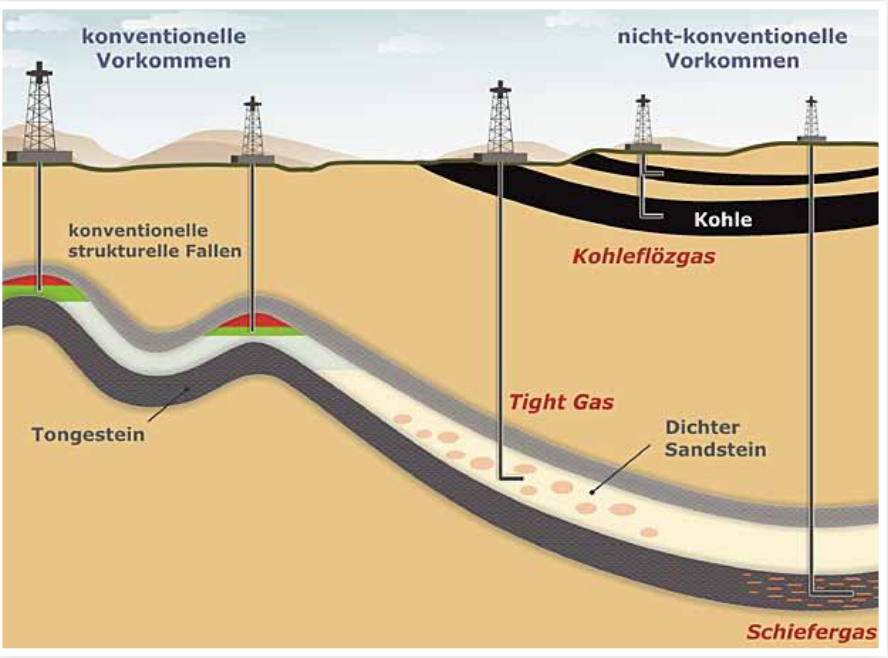
Abb. 6: Laut Internationaler Energieagentur wurde der Höhepunkt der Preisunterschiede zwischen Europa bzw. Japan und den USA im Jahr 2012 erreicht, in den nächsten Jahren ist eine Abschwächung des US-Preisvorteils zu erwarten.

Entwicklung des US-Gaspreises von 3/2011 bis 3/2014



Quelle: US Energy Information Administration, 2014

Abb. 7: Trotz erhöhter Schiefergasförderung sind die Gaspreise in den USA in den vergangenen zwei Jahren gestiegen.
**Btu = British thermal unit*



Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Abb. 8: Bei der Gewinnung von Schiefergas sind weit mehr Bohrungen nötig als bei konventionellem Erdgas – darüber hinaus ist der Wasserverbrauch gigantisch.

Welchen wirtschaftlichen Effekt hat also der Shale-Boom in den USA? In jenen Gegenden, wo Bohraktivitäten erfolgen, ist natürlich der Bedarf an Dienstleistungen und wirtschaftlichen Gütern gestiegen. Aber der US-weite Aufschwung wird viel mehr durch die verbesserte Gesamtsituation, insbesondere durch erhöhte Konsumausgaben, getragen. Bei aller gebotenen Vorsicht in der Bewertung von Datenausschnitten zeigt ein Blick in die aktuelle US-Arbeitsmarktstatistik, dass in der industriellen Produktion vergangenes Jahr 77.000 neue Jobs geschaffen wurden, in der Öl- und Gasindustrie 26.000, zugleich aber in der Gastronomie 306.000.

Kritische Umweltaspekte

Die Auseinandersetzung rund um die zukünftigen Klima- und Energieziele ist nicht nur eine rund um die versorgungstechnische und die wirtschaftliche Entwicklung, wiewohl man sich des Eindrucks nicht erwehren kann, dass jene auf der politischen Agenda höher gewichtet werden als ökologische Aspekte. Nahezu alle Formen der nicht-konventionellen Förderung von Öl und Gas haben kritische Umweltaspekte – mit teils verheerenden Auswirkungen.

Am Beispiel Schiefergas und -öl seien die hohen Umweltrisiken aufgezeigt: Große „Frack Jobs" benötigen in den USA rund 50.000 Tonnen Sand, 1 Mio. Tonnen Wasser und 30.000 Tonnen Chemikalien. Dies bringt Gefahren für Grundwasser und Trinkwasser. Rein technisch gelten sie zwar als reduzierbar, aber da Fracking teuer ist, sind sie ein zusätzlicher Kostenfaktor. Risiken können nicht ausgeschlossen werden. Bislang wurden in den USA über 1.000 lokale Grundwasserkontaminationen identifiziert. Der hohe Chemikalieneinsatz birgt Risiken

für die Gesundheit. Auch das bei Fracking zutage tretende Benzol ist stark krebserregend. Trotz aller Spekulationen und Zukunftsversprechungen: Derzeit gibt es kein umweltfreundliches Fracking-Verfahren. Auswirkungen auf Verkehr und Lärm sind ebenso nicht zu unterschätzen, denn eines gilt es zu berücksichtigen: Der Flächenverbrauch für die Öl- und Gasgewinnung durch Fracking ist enorm. Im deutlich bevölkerungsdichteren Europa ist eine Flächennutzung wie in den US-Bundesstaaten North Dakota oder Texas nahezu unvorstellbar bzw. würde sie einen komplett anderen Zugang zur Nutzung unserer Kulturlandschaft bedeuten. Die Gewinnung ist ein industrieller Produktionsprozess; es bedarf Tausender von Bohrungen – ein großer Unterschied zur konventionellen Öl- und Gasgewinnung. Ebenso unterschätzt wird der enorme Wasserverbrauch. Wasser ist eine höchst wertvolle Ressource, die in immer mehr Gegenden kritisch wird. Aber auch die anderen aktuell diskutierten nicht-konventionellen Fördermethoden sind höchst umstritten. Die Keystone-XL-Pipeline, die Öl aus Teersanden aus Kanada in die USA – konkret zu den Raffinerien am Golf von Mexiko – transportieren soll, gilt als das umweltpolitisch umstrittenste Projekt der Gegenwart. Ölsande stellen eine der CO_2-intensivsten Energiegewinnungsformen überhaupt dar. Nicht nur, dass riesige Naturflächen zerstört werden; die Förderung benötigt gewaltige Energiemengen. Um ein Barrel Öl

© Greenpeace

Beim Ölsandabbau, wie hier in Kanada, werden Unmengen an Energie benötigt und Landschaften verwüstet.

© Archiv ÖBMV

Ölfelder in New Mexico – der Flächenverbrauch beim Abbau fossiler Energieträger ist enorm.

zu gewinnen, braucht man zwei Tonnen Ölsand. 2012 wurden in Alberta täglich 1,5 Millionen Barrel Öl aus Ölsanden gewonnen. Die Menge soll noch deutlich erhöht werden. Albertas Ölsande bestehen aus 83 % Sand, 4 % Wasser, 3 % Ton und 10 % flüssigem Bitumen. Um einen Liter Bitumen aus dem Sand zu waschen, werden etwa fünf Liter Wasser benötigt. Der daraus entstehende Schlick ist mit Schwermetallen und zum Teil krebserregenden Kohlenwasserstoffen verseucht. Die in Folge errichteten Klärteiche sind riesige künstliche Seen mit einer Giftbrühe. Die Gewinnung von Ölsanden ist sehr aufwendig. Wie bei Schieferöl ist auch bei den Teersanden der enorme Ölpreissprung maßgeblich dafür mitverantwortlich, dass die Förderung nun profitabel geworden ist.

Klimaschutzeffekte

Oft ist zu lesen, dass Schiefergas gut für die Treibhausgasbilanz sei, weil der hohe CO_2-Ausstoß aus der Kohleverbrennung reduziert werden könne. Ein genauerer Blick zeigt jedoch, dass die Substitution „Schiefergas statt Kohle" in den USA nur bedingt eintreten dürfte. Die US-amerikanischen Energieverbrauchsdaten zeigen zwar einen Rückgang der Kohlenutzung von 2008 bis 2012 (bei gleichzeitigem Anstieg des Kohleexports – insbesondere nach Europa und auch nach Österreich). Ein Grund dafür ist der in diesem Zeitraum kleiner gewordene Preisunterschied zwischen Kohle und Gas in den USA. Dazu haben einerseits die erhöhte Gasproduktion bei zugleich schwächelnder Energienachfrage (Krisenjahre post 2008) und andererseits ein Anstieg des Kohlepreises geführt. Jedoch zeigen die aktuellen Daten der US Energy Information Administraion (EIA), dass dieser Trend möglicherweise gestoppt ist. 2013 lag der Kohleverbrauch auf ähnlichem Niveau wie 2012. Alle maßgeblichen Zukunftsszenarien zeigen, dass der Kohleverbrauch in den USA auch ab 2015 auf unverändertem Level bleiben dürfte. Im Jahr 2015 ist durch neue Emissionsstandards ein leichter Rückgang zu erwarten.

2012 lagen die US-Treibhausgas-Emissionen – nach gängiger Berechnungsmethode – um 12 % unter dem Niveau von 2005. Zum Vergleich: Jene der EU-Staaten waren 10 % niedriger als 2005. Gegenüber dem Kyoto-Basisjahr 1990 sieht die Bilanz der EU jedoch deutlich besser aus als jene der USA. Im Gegensatz zu Europa sind die US-amerikanischen Emissionen immer noch höher als 1990, obwohl die USA generell einen deutlich höheren Pro-Kopf-Ausstoß verzeichnen. Analysen zeigen, dass ein hoher Anteil des Emissionsrückgangs 2012 der deutlich geringeren Wirtschaftsleistung nach 2008 zu verdanken ist. Infolgedessen ist der Energieverbrauch zurückgegangen.

Methanausstoß bei der Schiefergasnutzung

Ein möglicherweise ebenso unterschätzter, intensiv diskutierter Umstand ist die Frage, inwieweit erhöhte Methan-Emissionen aus der Schiefergasnutzung die Treibhausgasbilanz beeinflussen werden. Methan ist für 9 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen der USA verantwortlich. Laut US-Umweltagentur EPA tragen die Produktion, die Umwandlung und der Transport von Erdgas zu 25 % der US-amerikanischen Methan-Emissionen bei. Der Verlust durch Lecks (Leakage) wird mit 1,5 % angenommen.

Wie der deutsche Energieexperte Werner Zittel (Ludwig Bölkow Systemtechnik) Anfang 2014 als Gast des Klima- und Energiefonds und des EEÖ in Wien ausführte, ist diese Annahme deutlich optimistischer als Studien der Cornell University. Mehrere Quellen gehen von durchschnittlich über 3 % Leakage aus. Entweicht mehr Methan durch die ausgedehnte Schiefergas-Förderung, zeigt die Treibhausgas-Kurve noch stärker nach oben.

janetschek
BUCHDRUCK | OFFSETDRUCK | DIGITALDRUCK

Am Wesentlichen orientieren

Das Wesentliche ist, dass wir unsere Wirtschaft nachhaltig optimieren. Davon profitieren Mensch und Umwelt. Was wir bereits erreicht haben und noch schaffen wollen, lesen Sie im neuen **janetschek** Nachhaltigkeitsbericht. Er soll Impuls für die nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft sein.

Wir freuen uns, wenn Sie noch heute Ihr persönliches, frisch gedrucktes Exemplar anfordern: office@janetschek.at

HEIDENREICHSTEIN | WAIDHOFEN/THAYA | WIEN | ZWETTL

www.janetschek.at

Der europäische Weg

Die Europäische Union wird aktuell stark von Interessenkonflikten geprägt. Der Druck, den US-amerikanischen Weg – mit all seinen Umweltrisiken – einzuschlagen, ist groß. Die geschürte Erwartungshaltung ist jedoch zu hoch. Neben den enormen Umweltrisiken gibt es auch ökonomisch kritische Faktoren. Keine der unkonventionellen Fördermethoden ist günstig. Ganz im Gegenteil; gigantische Investitionen sind notwendig, um den neuen fossilen Weg zu gehen. Bleibt die Frage, in welche Zukunft Europa investieren will.

Es besteht genug Grund, beunruhigt zu sein: Die Jahre 2012 und insbesondere 2013 brachte einen signifikanten Rückgang der europäischen Investitionen in „Clean Energy"-Technologien Dies ist nicht nur klimapolitisch problematisch, sondern auch für die in diesem Bereich tätigen Unternehmen eine Bedrohung. Löst sich Europa von einem klimapolitisch ambitionierten Weg, der auch die Importabhängigkeit Europas nachhaltig reduzieren kann, droht ein herber Rückschlag für den Zukunftsstandort Europa. Dann werden innovative Unternehmen mit ressourcenschonenden Verfahren und jene, die auf erneuerbare Energie setzen, sich überlegen müssen, andere Märkte zu erobern. Eine Kopie des US-amerikanischen Trends ist jedoch letztlich teuer und nahezu unmöglich. Nur wenn sich Europa auf die eigenen Stärken – Innovationsfähigkeit, Umwelt- und Klimaschutz, erneuerbare Ressourcen – besinnt, hat es eine Chance auf Erfolg.

Mag. Georg Günsberg
Günsberg Politik- und Strategieberatung, georg@guensberg.at, www.guensberg.at

Gerhard Mannsberger

Wald und Klimaschutz

Waldökosysteme sind aufgrund ihrer Langlebigkeit von den Folgen des Klimawandels besonders betroffen, da sie sich nicht rasch an Klimaveränderungen anpassen können. Der Beitrag des Waldes zum Klimaschutz ist wesentlich: Wälder sind samt ihrer Böden die wichtigsten (heimischen) Kohlenstoffspeicher. Die stoffliche und energetische Verwendung von Holz und die damit verbundenen Substitutionseffekte nicht-nachhaltiger Materialien stellen den wesentlichen Beitrag der Wälder zum Klimaschutz dar.

Seit 1861, dem Beginn systematischer meteorologischer Aufzeichnungen, stieg die global gemittelte Temperatur um 0,6 Grad Celsius (± 0,2 °C). Bis zum Jahr 2100 wird ein Temperaturanstieg zwischen 1,4 und 5,8 Grad Celsius gegenüber 1990 erwartet (IPCC, 2001). In Österreich stieg die Temperatur im 20. Jahrhundert um 1,8 Grad Celsius, wobei alle Höhenlagen betroffen sind. Es muss in diesem Zusammenhang auch betont werden, dass nach Expertenmeinung der Temperaturanstieg im Alpenraum wesentlich stärker ist als im globalen Mittel.

© Fotolia

Borkenkäferschäden haben mit der Klimaerwärmung in den vergangenen Jahren zugenommen, künftig werden Käferkalamitäten voraussichtlich noch häufiger auftreten.

Womit haben wir in Zukunft zu rechnen?

Es kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere Niederschlagsveränderungen regional sehr unterschiedlich auftreten werden. Extreme Wettererscheinungen, wie Stürme, Trockenperioden oder Starkniederschläge, werden zunehmen bzw. nehmen bereits merklich zu. All diese Wetterextreme haben massive Auswirkungen auf das Ökosystem Wald. Auch mit dem häufigeren Auftreten von Folgeschäden, wie etwa Borkenkäferkalamitäten, die auch massiven wirtschaftlichen Schaden nach sich ziehen, wird zu rechnen sein.

Können waldbauliche Maßnahmen Abhilfe schaffen?

Aufgrund der rasch voranschreitenden klimatischen Veränderungen werden waldbauliche Maßnahmen wohl nur bedingt Abhilfe schaffen können. Jedenfalls scheint es zielführend zu sein, die natürlichen Selbstregulierungsmechanismen zu fördern. Eine naturnahe Verjüngung hin zu heterogenen Waldstrukturen und eine Förderung der genetischen Diversität sowie der Strukturvielfalt können einen Beitrag zur Selbstanpassungsfähigkeit der Wälder leisten. Wie sich in den vergangenen Jahren jedoch gezeigt hat, können den Stürmen im Extremfall auch Naturwaldzellen nicht trotzen.

Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel

Im Rahmen der Österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, die vom BMLFUW in einem breit angelegten partizipativen Prozess unter Mitarbeit zahlreicher Experten erarbeitet und 2012 dem Ministerrat vorgelegt wurde, wurden in einem eigenen Aktivitätsfeld „Forstwirtschaft" acht prioritäre Maßnahmen vorgeschlagen. Neben der Anpassung der Baumarten- und Herkunftswahl, der gezielten Förderung der

© Schima

Wälder und neuerdings auch Holzprodukte können in der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls in den nationalen Treibhausgasbilanzen als Kohlenstoffsenken mit eingerechnet werden.

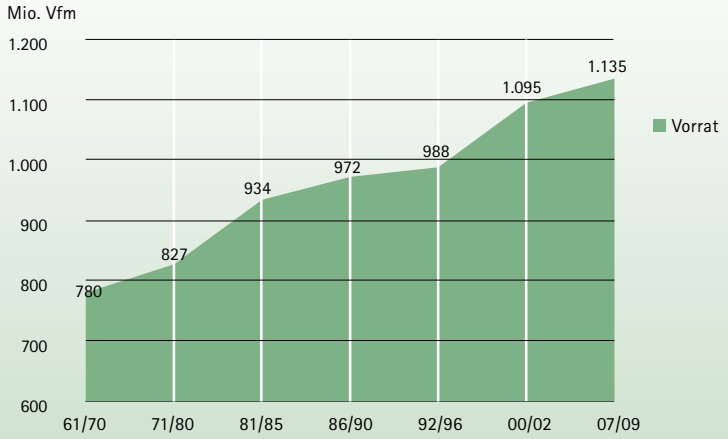
Diversität durch geeignetes waldbauliches Management und einer bodenschonenden Bewirtschaftung der Wälder wurde auch die Reduktion der Wildschadensbelastung als vordringlich erachtet.

Kyoto-Protokoll

Auch in der internationalen Klimapolitik spielt der Wald eine wichtige Rolle. Die UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) wurde 1992 in New York verabschiedet und trat 1994 in Kraft. Seit diesem Zeitpunkt finden auch die jährlichen Weltklimagipfel statt. Bei einer dieser Konferenzen wurde 1997 im japanischen Kyoto das „Kyoto-Protokoll" erarbeitet, das im Jahr 2005 in Kraft trat. Im Kyoto-Protokoll wurden verbindliche Treibhausgas-Emissionsziele für 39 Industriestaaten festgelegt. Der Sektor Landnutzung wurde gesondert behandelt. Für die Forstpolitik ergab sich aus dem Kyoto-Protokoll die Möglichkeit, Wälder als Kohlenstoffsenken in die nationalen Treibhausgasbilanzen mit einzubeziehen. In der ersten Verpflichtungsperiode (2008 bis 2012) waren die Steigerung des Vorrates an Biomasse und die Anlage neuer Waldflächen anerkannte Minderungsmaßnahmen.

Nach langwierigen Verhandlungen hat man sich auf eine zweite Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls geeinigt (Katar, 2012), geltend bis 2020. In dieser Periode wird zusätzlich zum Wald auch der Holzproduktespeicher in die Kohlenstoffbilanzierung mit einbezogen. Die Berichterstattung im Forstbereich orientiert sich neu am sogenannten forstlichen Referenzlevel. Damit wird die Veränderung des Wald- und Holzspeichers in der Betrachtungsperiode bewertet. Der nationale Referenzwert für Österreich für die Periode 2013 bis 2020 umfasst einen Gesamtpool von 6,5 Mio. Tonnen CO_2 pro Jahr, bestehend aus Holzprodukten (4,4 Mio. t) und Biomasse (2,1 Mio. t). Damit ist gewährleistet, dass diese Zielvorgaben keine Nutzungsbremse sind und dass durch eine nachhaltige Waldbewirtschaftung bei optimalem Bestandesaufbau eine Resilienzerhöhung erzielt werden kann.

Vorratsentwicklung laut Österreichischer Waldinventur



Quelle: BFW

Abb. 1: Der Holzvorrat in den österreichischen Wäldern ist in den vergangenen 50 Jahren trotz verstärkten Holzeinschlags um etwa 45 % gestiegen.

Wälder als Schlüsselfaktor für den Klimaschutz

Wälder spielen weltweit eine wichtige Rolle im Klimasystem. Umso nachdenklicher muss es stimmen, dass derzeit rund 20 % der weltweiten jährlichen Treibhausgas-Emissionen aus großflächigen Entwaldungen resultieren. Im Gegensatz dazu ist der Zuwachs im österreichischen Wald laut den Daten der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) seit Jahrzehnten fast konstant. Zwar sind die Holzeinschläge in den vergangenen Jahren, zum Teil auch bedingt durch Extremwetterereignisse, deutlich gestiegen, es wird jedoch jährlich noch immer wesentlich weniger geerntet als nachwächst. Mit anderen Worten – der nachwachsende Rohstoff Holz wird in Österreich nachhaltig genutzt. Durch die im Verhältnis zum Zuwachs stets geringere Ernte ist der Holzvorrat kontinuierlich angestiegen (s. Abb. 1). Ebenso wie der Holzvorrat hat auch die mit Wald bedeckte Fläche stetig zugenommen: seit der ersten Waldinventur im Jahr 1961 um rund 300.000 Hektar (s. Abb. 2).

In der allgemeinen Diskussion wird gelegentlich die Empfehlung geäußert, die komplette Biomasse aus Klimaschutzgründen im Wald zu belassen und dadurch die Kohlenstoffspeicherung zu erhöhen. Grundsätzlich gilt, dass der Kohlenstoffkreislauf in einem nachhaltigen Waldökosystem langfristig betrachtet immer im Gleichgewicht ist. Großflächige, vom Menschen unbeeinflusste Waldökosysteme – etwa in tropischen Regionen – befinden sich im Durchschnitt immer in einem Gleichgewichtszustand, indem sie fortwährend in etwa jene Menge an Kohlenstoff aus der Atmosphäre absorbieren, welche durch Abbauprozesse an diese wieder freigesetzt wird. Ein solcher Wald erfüllt zwar eine Speicherfunktion, bindet aber langfristig betrachtet kein zusätzliches CO_2.

Durch die nachhaltige Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz und dessen Verarbeitung zu Holzprodukten bzw. Verwendung als Energieträger werden fossile Rohstoffe eingespart. Langlebige Holz-

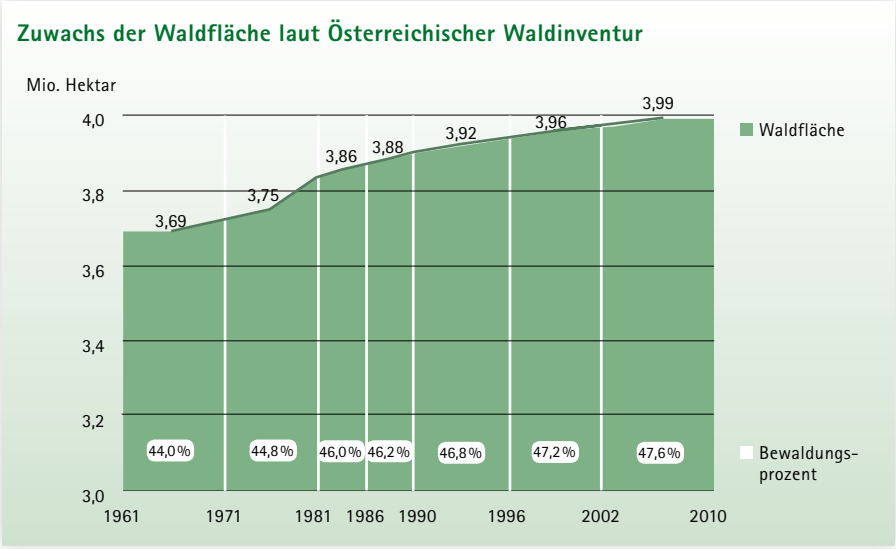


Abb. 2: Auch die österreichische Waldfläche nimmt zu, sodass in einigen Jahren die Hälfte der Staatsfläche von Wald bedeckt sein könnte.

produkte speichern nicht nur Kohlenstoff über lange Zeiträume, sondern sparen auch Energie im Vergleich zur Herstellung von Produkten aus anderen Materialien.

Bei der Verbrennung von Holz entsteht wie bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe Kohlendioxid, der Unterschied besteht jedoch darin, dass Holz nachwächst. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der Verbrennung von Holz nur so viel CO_2 emittiert wird, wie der Atmosphäre zuvor beim Baumwachstum entzogen wurde. Insofern gleichen sich Holzwachstum (CO_2-Senke) und Holzverbrennung (CO_2-Quelle) aus. Holz ist somit unter der Voraussetzung, dass die Waldbewirtschaftung nachhaltig erfolgt, als Energieträger CO_2-neutral. Im Gegensatz dazu wird bei der energetischen Nutzung fossiler Rohstoffe zusätzliches CO_2 an die Atmosphäre abgegeben. Fossile Lagerstätten sind während mehrerer Millionen Jahre Erdgeschichte entstanden. In absehbarer Zeit wird sich der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre im Vergleich zur vorindustriellen Zeit verdoppelt haben.

Biomasse und die EU

Auch die EU hat sich die verstärkte Nutzung von Biomasse zum Ziel gesetzt, wenn auch aktuell wieder eine gewisse Trendumkehr zu bemerken ist. Die Richtlinie 2009/28/EG „zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen" ist Teil des Ende 2008 verabschiedeten EU-Klima- und Energiepaketes. In diesem Paket wurden die sogenannten „20-20-20-Ziele" der EU, die bis zum Jahr 2020 erreicht werden sollen, festgelegt: 20 % Anteil erneuerbarer Energie am Bruttoendenergieverbrauch, eine 20 %-ige Erhöhung der Energieeffizienz sowie eine 20 %-ige Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen.

In dieser Richtlinie wird das EU-weite Ziel betreffend des zu erreichenden Anteils erneuerbarer Energie auf verbindliche Ziele je Mitgliedsstaat heruntergebrochen. Österreich ist demnach verpflichtet, seinen Anteil erneuerbarer Energie vom Ausgangswert 23,3 % im Jahr 2005 auf 34 % bis 2020 zu steigern. Die Erreichung des 34-%-Ziels ist nur bei einer Erhöhung der Energieeffizienz

© Schima

Das Heizen mit Biomasse ist ein wirkungsvoller Beitrag zum Klimaschutz.

und dem weitgehenden Ausschöpfen aller erneuerbaren Energie-Ressourcen möglich, wobei sich Österreich auf einem sehr guten Weg dahin befindet. 2012 betrug der Anteil erneuerbarer Energie bereits rund 32 %. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass das Ziel von 34 % bis 2020 jedenfalls erreicht, wahrscheinlich jedoch übertroffen wird. Im Bereich der Forstwirtschaft werden gemäß den Ergebnissen der Waldinventur (ÖWI 2007/09) rund drei Viertel der jährlich zuwachsenden Holzmenge geerntet. Ziel ist es, die nachhaltig mögliche Mehrmenge marktkonform zu mobilisieren. Mit Fördermitteln aus der „Ländlichen Entwicklung" werden zahlreiche Maßnahmen unterstützt, die bei der Mobilisierung dieser Holzreserven helfen.

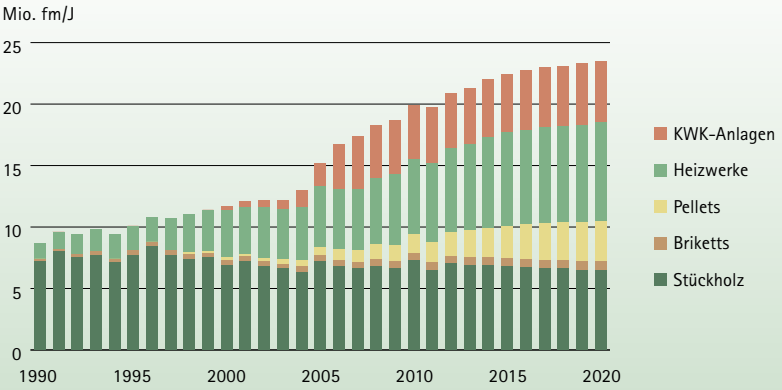
Bioenergie ersetzt fossile Brennstoffe

Im Hinblick auf den UNFCCC-Grundsatz der Begrenzung der globalen Erwärmung auf weniger als zwei Grad Celsius hat die umweltverträgliche Nutzung forstlicher Biomasse als Ersatz für fossile Brennstoffe zentrale Bedeutung. Angesichts des sich abzeichnenden Klimawandels erscheint es dringend geboten, alle Maßnahmen rasch umzusetzen, die geeignet sind, den Energieverbrauch und die damit verbundenen Emissionen von Treibhausgasen deutlich zu reduzieren.

Österreich hat als waldreiches Land eine lange Tradition in der Verwendung von Holz als Energieträger. Moderne und komfortable Heizungssysteme haben für eine stetig steigende Beliebtheit gesorgt. So hat sich der Einsatz von Energieholz seit 1990 bis heute in etwa verdoppelt (s. Abb. 3). Generell gilt es – nicht zuletzt zur Erhaltung der Vitalität der heimischen Wälder –, die Verwendung fossiler Energieträger deutlich und rasch zu reduzieren. Der Ersatz von fossilen Brennstoffen auch durch Waldbiomasse ist somit im Sinne der langfristigen Reduzierung der CO_2-Emissionen sinnvoll und wichtig.

SC Dipl.-Ing. Gerhard Mannsberger
Leiter der Sektion Forstwesen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, gerhard.mannsberger@bmlfuw.gv.at

Entwicklung Energieholzeinsatz in Österreich seit 1990 und Prognose bis 2020



Quelle: Landwirtschaftskammer Österreich

Abb. 3: Seit 1990 hat sich die Verwendung von Energieholz in Österreich in etwa verdoppelt – starke Zuwächse sind vor allem beim Einsatz von Hackgut in Heizwerken und bei Pellets zu verzeichnen.

Martin Höbarth

Holzverwendung als Beitrag zum Klimaschutz

Die Verwendung von Holz als Roh-, Werk- und Brennstoff hat eine sehr lange Tradition. Erste archäologische Funde sind über 400.000 Jahre alt. Im Jahr 2003 wurde die älteste Holzstiege Europas im Salzbergwerk Hallstatt entdeckt. Das dafür verwendete Holz konnte von der Wissenschaft mittels Jahrringanalyse auf das Jahr 1343 vor Christi Geburt datiert werden.

Ökologische Holzfabrik Wald

Bevor Holz vielfältig verwendet werden kann, muss es zunächst „hergestellt" werden. Holz hat seinen Ursprung nicht etwa im Baumarkt sondern kommt aus der wohl einzigen, öffentlich frei zugänglichen Fabrik – dem Wald. Jeder einzelne Baum entzieht beim Wachstum CO_2 aus der Atmosphäre und wandelt es mit Hilfe von Sonnenlicht und Wasser in kohlenstoffhaltige Substanzen um. Der Kohlenstoff dient dem organischen Aufbau des Baumes und ist somit im Holz gespeichert. Die einzigen „Abfallprodukte" bei der Produktion von Holz sind Sauerstoff und Wasserdampf, die wieder an die Umgebung abgegeben werden – ökologischer geht es wohl nicht. Dieser vereinfacht dargestellte Prozess heißt Photosynthese und ist Grundlage allen Lebens.

© proHolz/Höbarth

Die Baumkrone entzieht der Atmosphäre CO_2, der Kohlenstoff wird für den Holzaufbau verwendet.

Klimaschutz durch CO_2-Speicherung

Holz besteht rund zur Hälfte aus Kohlenstoff. Geht man von einem mittleren Darrgewicht von 500 kg pro Kubikmeter Holz aus, enthält dieser Kubikmeter 250 kg reinen Kohlenstoff. Im Zuge von Verrottung oder Verbrennung wird dieser Kohlenstoff durch Oxidation wieder in Kohlendioxid umgewandelt, aus 1 kg Kohlenstoff entstehen 3,67 kg CO_2. Somit werden aus den gespeicherten 250 kg reinen Kohlenstoffs 917 kg CO_2. Ein Kubikmeter Holz speichert also rund eine Tonne CO_2.

Aktuell sind im österreichischen Wald etwa 800 Mio. Tonnen CO_2 gespeichert. Jährlich werden es rund 2,5 Mio. Tonnen mehr da in Österreich weniger Holz geerntet wird, als zuwächst. Der Wald hat aber aufgrund des begrenzt möglichen Holzvolumens je Hektar nur eine begrenzte Speicherkapazität. In

reifen Waldökosystemen sterben einzelne Individuen ab, diese geben das gespeicherte CO_2 durch Verrottung wieder an die Atmosphäre ab. So kann Wald innerhalb gewisser Zeiträume auch von einer CO_2-Senke zu einer CO_2-Quelle werden.

Durch die Entnahme von Holz vor dem natürlichen Absterben eines Baumes und die Weiterverarbeitung in langlebige Produkte wird das Kohlendioxid nicht in die Atmosphäre abgegeben, sondern bleibt bis zum Ende der Nutzungsdauer im Holz gespeichert. Die Nettospeicherung von CO_2 in einem bewirtschafteten Wald ist daher auch höher als in einem nicht bewirtschafteten Wald. Diese wertvolle Speicherfunktion von Holzprodukten stellt den Klimaschutzbeitrag durch Holzverwendung sicher.

Klimaschutz durch CO_2-Substitution

Den Energieaufwand, der für die Gewinnung, Herstellung und den Transport von beispielsweise Bau- und Werkstoffen notwendig ist, nennt man „graue Energie". Auch in Holz steckt diese graue Energie, aber bedeutend weniger als in Stahl, Aluminium, Ziegel oder Beton. Für das Entstehen von Holz aus Kohlendioxid, Wasser und Sonnenlicht ist kein externer CO_2-verursachender Energieeinsatz notwendig. Pflegemaßnahmen des Waldes und die Holzernte sind – verglichen mit anderen Rohstoff-Gewinnungsverfahren – vernachlässigbare Größen. Kein Baustoff benötigt für die Herstellung weniger Energie und stößt damit weniger CO_2 aus als Holz.

Die regionale Verfügbarkeit mit kurzen Transportdistanzen sowie das geringe Gewicht im Vergleich zu den mechanischen Eigenschaften sind ebenfalls ein Vorteil von Holz. Eine Hauswand in Holzrahmenkonstruktion spart im Vergleich mit einer Ziegel- oder Betonwand bei ihrer Herstellung bis zu 50 % des Primär-Energiebedarfs.

© proHolz/Polaris

Holz ersetzt CO_2-intensive Baustoffe, wie etwa Ziegel, Beton oder Stahl.

© proHolz/Martinez

Harmonisches Miteinander: wiederverwendetes Altholz in Kombination mit neuen Produkten.

Eine Wand aus Ziegeln oder ein Schwerbetonblock emittieren fünf Tonnen CO_2 pro 50 m^2 Wand, eine Holzrahmenkonstruktion mit einer Schalung aus Weichholz stößt hingegen bei derselben Fläche nur 1,5 Tonnen CO_2 aus. Somit können 3,5 Tonnen CO_2 eingespart werden.

Bei Lebenszyklusanalysen von Gebäuden werden die Treibhausgas-Emissionen von Errichtung über Instandhaltung bis zu Rückbau und Entsorgung betrachtet, zusätzlich werden Substitutionseffekte berücksichtigt. Dabei ergibt sich, dass pro eingesetztem Kubikmeter Holz rund zwei Tonnen CO_2 eingespart werden können. In Österreich werden jährlich 2,78 Mio. m^3 Holz in Form von Bauprodukten verarbeitet. Damit werden durch Bauen mit Holz jährlich 2,4 Mrd. Tonnen CO_2 eingespart, was den jährlichen CO_2-Emissionen von 1,6 Mio. Pkw entspricht. Die verstärkte Verwendung von Holz im Baubereich könnte einen noch wesentlich höheren Beitrag zum Klimaschutz bewirken.

Klimaschutz durch Recycling

Die Wiederverwertung ist ein wesentlicher Beitrag zum verantwortungsvollen Umgang mit den uns zur Verfügung stehenden Rohstoffen. Anders als andere Werk- und Baustoffe kann Holz auch nach seiner ersten Nutzungsphase stofflich weiterverwendet

Tab. 1: Holz – Zahlen und Fakten

1 Kubikmeter Holz	speichert rund 1 Tonne CO_2
1 Kubikmeter verbautes Holz	ersetzt rund 2 Tonnen CO_2
1 Kubikmeter energetisch verwertetes Holz	ersetzt rund 200 Liter Erdöl
80 % des bereitgestellten Frischholzes	werden direkt zu Holzprodukten verarbeitet
100 Kubikmeter zusätzlich geerntetes Holz	schaffen einen zusätzlichen Arbeitsplatz

Quelle: Landwirtschaftskammer Österreich

werden, wobei das im Holz gespeicherte CO_2 weiterhin der Atmosphäre entzogen bleibt. So haben sich unter anderem innovative und kreative Verarbeitungszweige gebildet, die sich auf die Verwertung von abgewittertem Altholz spezialisieren und sogenannte Upcycling-Produkte erzeugen. Einzelne große Bauteile wie Balken werden wieder verbaut bzw. werden daraus andere Massivholzprodukte gefertigt. Möbel und andere Gebrauchsgegenstände werden als Rohstoff für Span- oder Faserplatten oder für Papier wiederverwendet. Durch den Einsatz des Holzes über mehrere Nutzungszyklen hinweg wird die Freigabe des CO_2 langfristig verhindert und das Holz als Speicher optimal genutzt.

Klimaschutz durch CO_2-neutrale Verbrennung

Da beim Verbrennen von Holz nur jene Menge an CO_2 freigegeben wird, die während des Baumwachstums der Atmosphäre entzogen wurde, ist dieser Vorgang CO_2-neutral. Holz gehört zu den beliebtesten Energieträgern in Österreich. Fast die Hälfte der österreichischen Haushalte – das sind rund 1,5 Millionen – setzen Energieholzsortimente wie Scheitholz, Hackgut, Briketts und Pellets in Kachelöfen und Heizkesseln verschiedener Bauart ein. Dennoch steht die stoffliche Verwertung dieses wertvollen Rohstoffs im Vordergrund. Aktuell gehen 80 % des bereitgestellten Frischholzes direkt in die Industrie und werden dort zu unterschiedlichsten CO_2-speichernden Produkten weiterverarbeitet. Nur 20 % gehen direkt in die energetische Verwertung. Wesentliche Anteile der Energieholzsortimente kommen dabei aus Baumarten, Baumteilen und Holzqualitäten, welche von der Industrie nicht nachgefragt werden.

Holz als gespeicherte Sonnenenergie leistet einen sehr wichtigen Beitrag zur Erfüllung der Energieziele in Österreich und der EU. Der Anteil der sonstigen erneuerbaren Energieträger, wie Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik, Solarthermie oder Wärmepumpe, liegt seit Jahrzehnten auf stabilem Niveau zwischen 10 % und 12 %. Ohne biogene Energieträger wie Holz hat Österreich keine Chance, die Zielvorgaben der EU zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 34 % zu erreichen und würde sowohl bei der Versorgungssicherheit als auch beim Klimaschutz weiter zurückfallen. Durch die energetische Verwertung von Holz wird der Einsatz der fossilen Energieträger Kohle, Erdgas oder Erdöl reduziert. Ein Kubikmeter Holz substituiert 200 Liter Erdöl. Damit kann einerseits die Abhängigkeit Österreichs von zum Teil sehr brisanten Krisenregionen verringert, andererseits aber auch die Außenhandelsbilanz verbessert werden. Denn im Jahr 2012 wendete Österreich mehr als 17 Mrd. Euro zum Kauf fossiler Energieträger auf.

Klimaschutz durch regionale Wertschöpfung

Klimaschutz wird häufig mit negativen Aspekten wie zusätzlichen Kosten und diversen Beschränkungen assoziiert. Neben dem

Effekt des Klimaschutzes an sich können aber auch Einkommen und Wertschöpfung generiert werden. Eine wissenschaftliche Studie der Universität für Bodenkultur Wien in Kooperation mit dem Kompetenzzentrum Holz hat diesen Umstand eindrucksvoll veranschaulicht. In Oberösterreich wurde ein neues Feuerwehrhaus in Vollholzbauweise errichtet. Das dafür benötigte Holz wurde in den Wäldern der Region geerntet, beim ortsansässigen Sägewerk verschnitten und in der regionalen Zimmerei weiterverarbeitet. Die dabei eingesetzten Arbeiter kamen ebenso aus der unmittelbaren Region. Die verbauten Holzelemente wurden rechnerisch durch eine wirkungsgleiche mineralische Bauweise ersetzt und mit dem Vollholzbau verglichen. Daraus wurden ökonomische sowie ökologische Auswirkungen berechnet.

© Rubner Holzbau

Prestigeprojekt Pyramidenkogel in Keutschach am Wörthersee: weltweit höchster Holzaussichtsturm aus 100 % PEFC-zertifiziertem Holz.

Durch den Einsatz der regionalen Holzprodukte und Verarbeitungsbetriebe konnte die Bruttowertschöpfung im Vergleich zur mineralischen Bauweise um 162 % gesteigert werden. Davon haben die Holzlieferanten, das Sägewerk, das Holzbauunternehmen und andere Akteure profitiert. Sie alle konnten durch die Vollholzbauweise Einkommen generieren. In Bezug auf Klimaschutz zeigt dieses Beispiel, dass der CO_2-Fußabdruck auf ein Siebtel reduziert werden konnte. Ausgehend vom Niveau der Treibhausgas-Emissionen, den eine mineralische Bauvariante verursacht hätte, könnten konstruktive Elemente für sieben Vollholzgebäude errichtet werden.

Ein weiterer, nicht unwesentlicher Punkt in Bezug auf Bewusstseinsbildung ist, dass Bauwerke mit hoher regionaler Wertschöpfung nicht nur als einfache Nutzbauten gesehen werden, sondern auch Symbole für die regionale Gemeinschaft darstellen. Die Bevölkerung ist zurecht stolz auf derartige Bauwerke; die damit verbundenen Emotionen können verwendet werden, um die Holzverwendung weiter zu forcieren und somit den Klimaschutz durch die Verwendung von Holz weiter voranzutreiben.

Dipl.-Ing. Martin Höbarth,
Dipl.-Ing. Thomas Leitner
Abteilung Forst- und Holzwirtschaft, Energie, Landwirtschaftskammer Österreich,
m.hoebarth@lk-oe.at, t.leitner@lk-oe.at

Der CO_2 Footprint sorgt für Erstaunen:

1 m^3 verbautes Holz bindet 1 Tonne CO_2.

Informieren Sie sich
und staunen Sie:

holzistgenial.at

Gerfried Jungmeier

Treibhausgas-Bilanz im Lebenszyklus der stofflichen und energetischen Holznutzung

Die Nutzung von Holz als erneuerbarer Rohstoff und Energieträger kann wesentlich zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen beitragen, wenn das Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt und fossile Rohstoffe ersetzt werden. Grundsätzlich kann das Holz als Rohstoff sowohl stofflich, als auch energetisch genutzt werden. Die einzelnen Sortimente und Produkte einer Holzernte, wie z. B. Äste, Rinde und Stammholz, können je nach Qualität für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden. Die wesentlichen stofflichen Holznutzungsschienen sind:

- Papier, Zellstoff und Pappe (Karton)
- Holzprodukte, wie Bauholz oder Möbel
- Span- und Faserplatten
- Chemikalien, z. B. Essigsäure, Phenole

Die wesentlichen energetischen Holznutzungen sind:

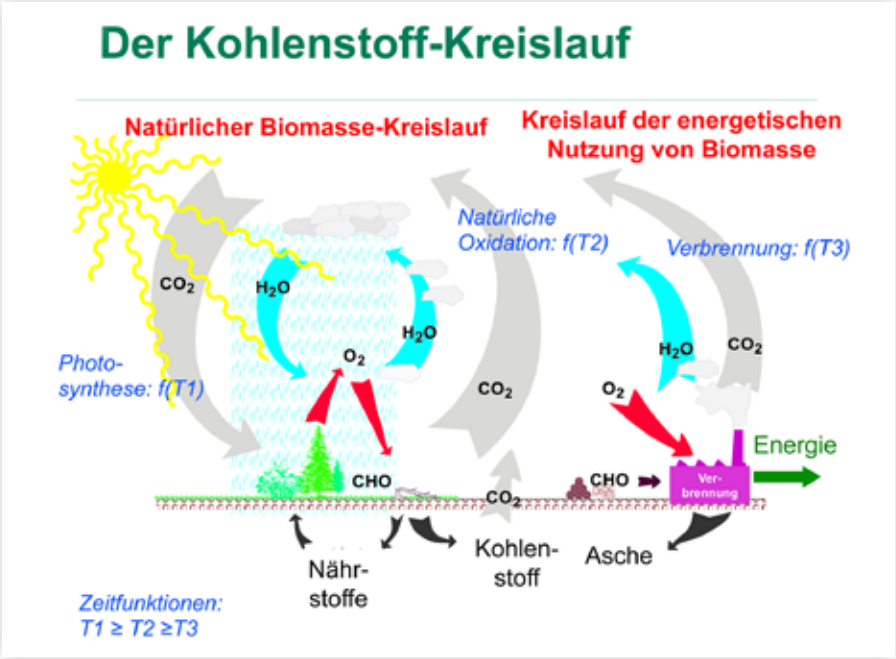
- Wärme/Kälte
- Strom
- zukünftig Biotreibstoffe (Fischer-Tropsch)

Die verstärkte Nutzung und der Einsatz erneuerbarer Energieträger sind ein wichtiger Teil der EU-Strategie zur Reduzierung ihrer Treibhausgas (THG)-Emissionen und zur Erfüllung jener Ziele, die im EU Energie- und Klimapaket festgelegt sind. In Österreich kommt dabei der forstlichen Biomasse eine besonders wichtige Rolle zu.

Kohlenstoffkreislauf der Holznutzung

Über die autotrophe Kohlenstoffdioxid-Assimilation forstlicher Baumarten wird Kohlendioxid aus der Luft aufgenommen und in Form von Holz als Kohlenstoffverbindung gespeichert. Bei dessen energetischer Nutzung wird der Kohlenstoff durch den Verbrennungsprozess jedoch wieder an die Atmosphäre abgegeben. Bei der stofflichen Nutzung wird der Kohlenstoff zum Teil in den Holzprodukten während deren Nutzungsdauer im Papier, in Spanplatten oder Bauholz länger gespeichert. Am Ende der Nutzungsdauer bzw. nach allfälligem mehrmaligem stofflichen Recycling werden diese Holzprodukte in der Regel einer energetischen Verwertung zugeführt, wobei der gespeicherte Kohlenstoff wiederum als Kohlendioxid in die Atmosphäre freigegeben wird. Insgesamt entspricht die Summe des durch Pflanzenwachstum aus der Atmosphäre gebundenen Kohlendioxids jener Menge, die bei der stofflichen und energetischen Nutzung freigesetzt wird. In 1.000 kg trockenem Holz sind etwa 500 kg Kohlenstoff gespeichert, die insgesamt beim Wachstum etwa 1.800 kg CO_2 aus der Atmosphäre aufgenommen haben.

Unter der Voraussetzung einer nachhaltigen Waldwirtschaft (wie im Österreichischen Forstgesetz verankert) kann die Holznutzung daher auch als „CO_2-neutral" bezeichnet werden. Die zeitliche Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre ändert sich jedoch über die gesamte Dauer der Holznutzung, da zunächst Kohlendioxid während des Wachstums aufgenommen und in den Bäumen gespeichert wird (bis zu 100 Jahren). Je nach Art der stofflichen und energetischen Nutzung wird ein Teil dieses Kohlenstof-



Quelle: Joanneum Research

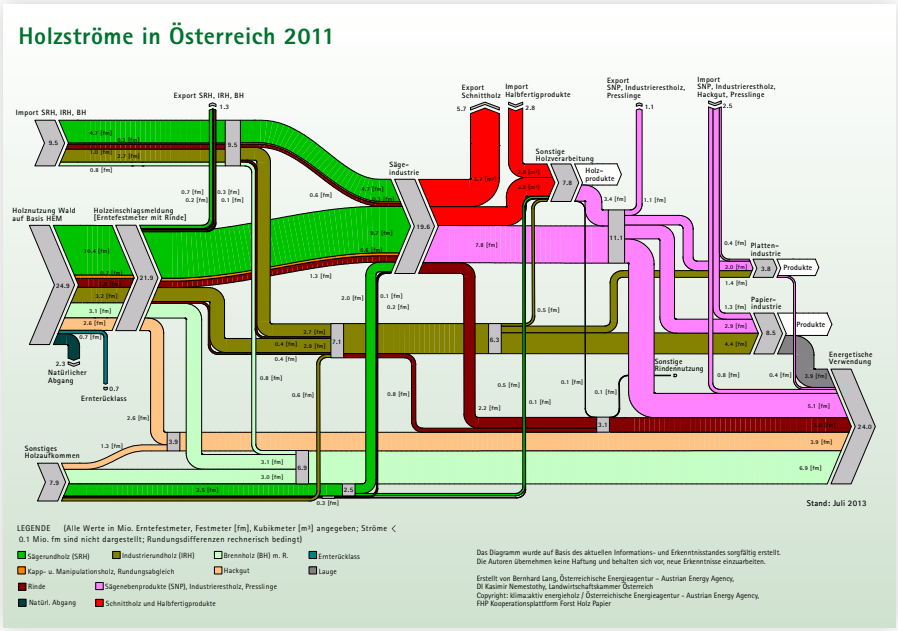
Abb. 1: Kohlenstoffkreislauf in der Natur und bei der energetischen Nutzung

fes gleich durch Verbrennung freigesetzt, während der andere Teil bei der stofflichen Nutzung in den Produkten während deren Nutzungsdauer gespeichert bleibt und erst bei der energetischen Verwertung der Produkte wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. In den internationalen Richtlinien des IPCC zur Bilanzierung des Kohlenstoffes aus der Holznutzung im Rahmen der Erstellung der Klimabilanzen werden diese Effekte berücksichtigt, wobei für den Energiesektor die CO_2-Emissionen aus der energetischen Holznutzung mit „Null" bzw. „CO_2-neutral" bilanziert werden. Die Änderungen des Kohlenstoffspeichers vor allem in der Forstwirtschaft werden im Bereich „Agriculture, forestry and other land use" (AFOLU) erfasst.

Die THG-Bilanz der Bioenergienutzung ist überwiegend durch die im C-Kreislauf stattfindenden Wachstums-, Speicher- und Zerfallsprozesse bestimmt. Im Fall der Nutzung forstlicher Rohstoffe haben diese Prozesse – im Vergleich zu landwirtschaftlichen Rohstoffen mit etwa einem Jahr ohne Nutzungsänderungen – lange Zeitkonstanten bis über 100 Jahre; wird z. B. Schlagrücklass energetisch verwertet, ist davon auszugehen, dass diese Reststoffe andernfalls im Wald verbleiben und dort langsam zu CO_2 abgebaut werden.

Holzfluss

In Abb. 2 sind die Holzströme in Österreich 2011 dargestellt. Insgesamt werden etwa 42,3 Mio. fm zur Nutzung aufgebracht (9,5 Mio. fm Import, 24,9 Mio. fm Holznutzung Wald und 7,9 Mio. fm sonstiges Holzaufkommen), wovon 24,0 Mio. fm energetisch und der Rest stofflich genutzt werden, z. B. 4,6 Mio. fm in Papier- und Zellstoffprodukten, 3,4 Mio. fm in Holzplatten und 5,7 Mio. fm als Schnittholz für den Export. In Abb. 3 wird die energetische Holznutzung



Quelle: klima:aktiv energieholz, Österreichische Energieagentur, FHP

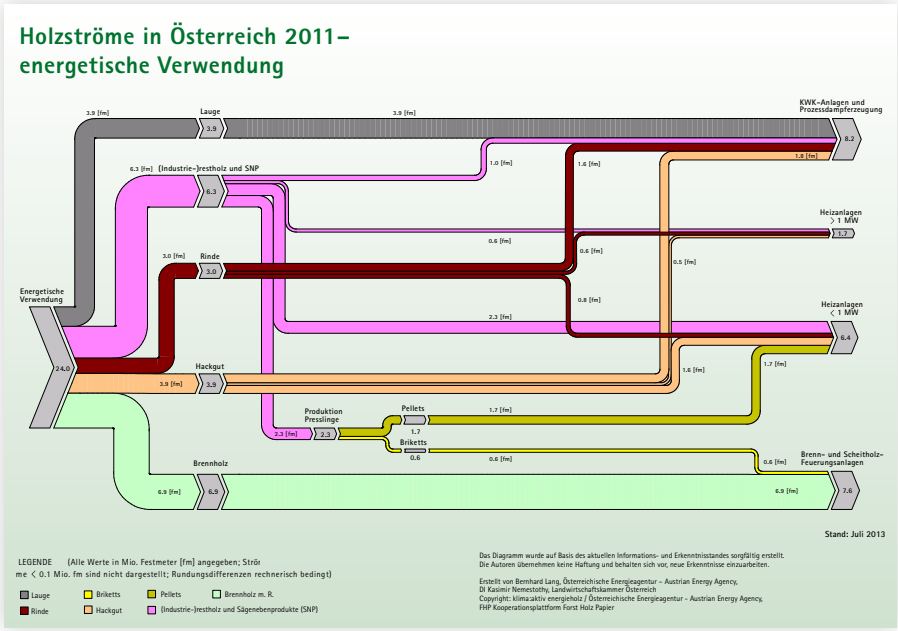
Abb. 2: Holzströme in Österreich 2011

in Österreich 2011 detaillierter dargestellt. Von den 24,0 Mio. fm energetisch genutztem Holz werden etwa 66 % zur Wärmeerzeugung (29 % Brennholz, 10 % Pellets und Briketts, 27 % Hackgut) und etwa 34 % zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Weiters können auch Chemikalien und zukünftig Treibstoffe aus Holz erzeugt werden.

Lebenszyklusanalyse der Holznutzung (LCA)

International besteht Einigkeit darüber, dass die Umweltwirkung eines Produktes oder einer Dienstleistung nur auf Basis einer Lebenszyklusanalyse bewertet werden kann. Die Lebenszyklusanalyse – auch Ökobilanz genannt – ist eine Methode zur Abschätzung der möglichen Umweltauswirkungen eines Produktes, einer Dienstleistung oder eines Unternehmens. Es werden die Umweltaspekte im Verlaufe des Lebensweges eines Produktes von der Rohstoffgewinnung über Herstellung, Vertrieb, Anwendung, Abfallbehandlung bis zur endgültigen Entsorgung – „von der Wiege bis zur Bahre" – untersucht (Umweltmanagement Ökobilanz EN ISO 14040: 2006). In der Lebenszyklusanalyse werden somit alle Treibhausgas-Emissionen des Energie- und Materialeinsatzes ermittelt, die mit der Holznutzung verbunden sind. Für die Holznutzung bedeutet dies, dass die folgenden wesentlichen Prozesse inklusive Hilfsenergie und Hilfsstoffe berücksichtigt werden müssen (s. Abb. 4):

- Forstwirtschaft
- Transporte
- Sägeindustrie
- Produktion von Zellstoff, Papier und Holzprodukten
- Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung
- Stoffliches Recycling
- Verwertung von Reststoffen sowie
- Errichtung und Entsorgung der jeweiligen Anlagen.



Quelle: klima:aktiv energieholz, Österreichische Energieagentur, FHP

Abb. 3: Holzströme in Österreich 2011 für die energetische Verwendung

Dies bedeutet, dass die THG-Bilanz der stofflichen und energetischen Holznutzung auf Basis einer Lebenszyklusanalyse gemacht werden muss, in der neben der THG-Bilanz der Forstwirtschaft

- bei der energetischen Holznutzung die Errichtung, der Betrieb inklusive Bereitstellung des Biomassebrennstoffes und Entsorgung und
- bei der stofflichen Holznutzung die Erzeugung der Produkte, deren Nutzung sowie Verwertung am Ende der Nutzungsdauer

berücksichtigt werden müssen (s. Abb. 5). Da in fast allen Fällen der Holznutzung der Einsatz von Hilfsenergie durch Treibstoffe, Strom oder Hilfsmaterialien, wie z. B. Schmier- oder Bindemittel, aus fossilen Rohstoffen notwendig ist, ist jede Art der Holznutzung mit THG-Emissionen verbunden. Aufgrund der zeitlichen Dynamik der CO_2-Aufnahme durch die Forstwirtschaft, der CO_2-Emission durch die Holz-Verbrennung sowie die C-Speicherung im Wald (Bäume, Boden) und in Holzprodukten (z. B. Papier, Spanplatten, Biochemikalien) müssen für die Lebenszyklusanalyse entsprechende Kohlenstoff-Modelle zur Bilanzierung herangezogen werden. Da die energetische und stoffliche Holznutzung immer eng miteinander verbunden sind, ist bei der Festlegung der Systemgrenzen für die THG-Bilanzierung der rein stofflichen bzw. energetischen Holznutzung in den meisten Fällen eine Allokation notwendig, z. B. nach Masse oder Energie. Diese Vereinfachung durch Allokation muss bei der Ergebnisinterpretation und Verallgemeinerung der THG-Bilanzierung berücksichtigt werden.

Drei Treibhausgase

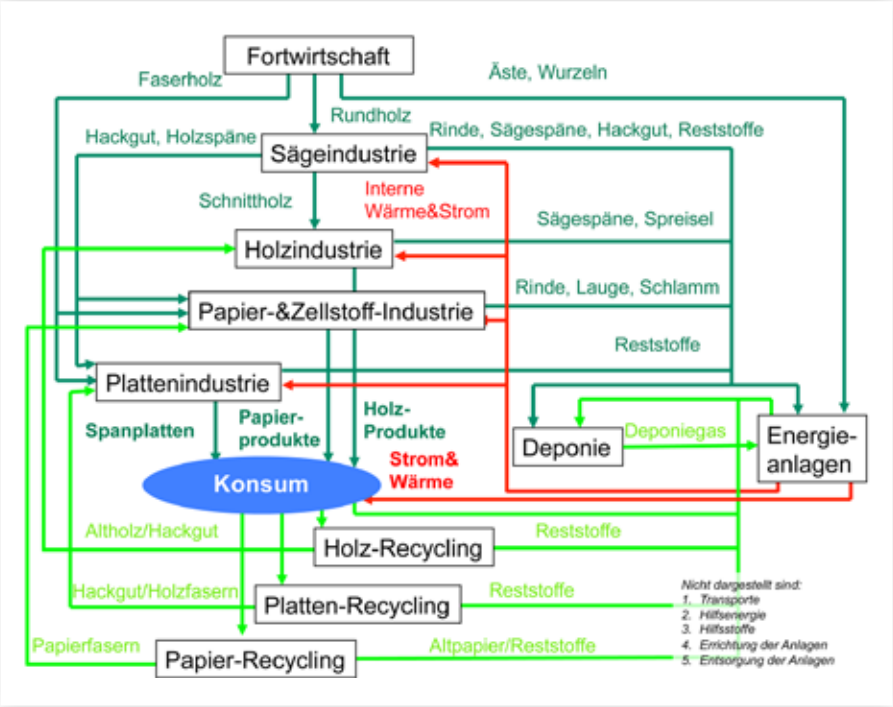
In der Treibhausgas-Bilanz der Holznutzung sind alle drei relevanten Treibhausgase

- Kohlendioxid (CO_2)
- Methan (CH_4) und
- Lachgas (N_2O)

mit ihrem Beitrag zum Treibhauseffekt (in Kohlendioxid-Äquivalent, CO_2-Äq.) zu berücksichtigen. Die Treibhausgase werden folgend beschrieben:

- Kohlendioxid (CO_2), eine geruch- und geschmacklose Kohlen-Sauerstoff-Verbindung, entsteht als Hauptprodukt bei der Verbrennung von Kohlenstoff. Die pro Energieeinheit emittierte CO_2-Menge ist unter anderem vom Kohlenstoff-Gehalt des Brennstoffes abhängig. Des Weiteren entsteht CO_2 beim aeroben Abbau von Biomasse. Im Prozess der Photosynthese wird das CO_2 aus der Atmosphäre in der Pflanze gebunden.
- Methan (CH_4), eine brennbare Kohlenwasserstoff-Verbindung, ist Hauptbestandteil von Erdgas und ein Produkt der unvollständigen Verbrennung. Des Weiteren entsteht CH_4 beim anaeroben Abbau von Kohle und bei der Förderung von Erdöl und Erdgas sowie bei der Lagerung und Nutzung tierischer Exkremente.
- Lachgas (N_2O) ist eine farblose und toxische Stickstoff-Sauerstoff-Verbindung, die unter bestimmten Bedingungen bei Verbrennungsprozessen entsteht. Die dabei emittierte Menge an N_2O ist vor allem vom Stickstoffgehalt des Brennstoffes und der Verbrennungstemperatur abhängig. N_2O-Emissionen treten auch bei Nitrifikations- und Denitrifikationsprozessen im Boden und bei der Lagerung von Gülle und Mist auf.

Als Maß für die THG-Wirkung dieser Gase wird das Treibhausgaspotenzial (GWP – Global Warming Potential) verwendet, das den Beitrag verschiedener Gase zu einer möglichen Erwärmung der Erdatmosphäre in Form einer äquivalenten Menge CO_2 ausdrückt.



Quelle: Joanneum Research

Abb. 4: Prozesse im Lebenszyklus der stofflichen und energetischen Holznutzung

Das Konzept des THG-Potenzials wurde entwickelt, um die Beiträge der Gase auf die Erwärmung der Erdatmosphäre vergleichbar und damit summierbar zu machen. Die THG-Wirkung eines Kilogramms des Gases wird als Vielfaches („Äquivalenzfaktor") der Treibhauswirkung von einem Kilogramm CO_2 angegeben. Mit den Äquivalenzfaktoren werden die Gasmengen von CH_4 und N_2O in äquivalente CO_2-Mengen (CO_2-Äq.) umgerechnet.

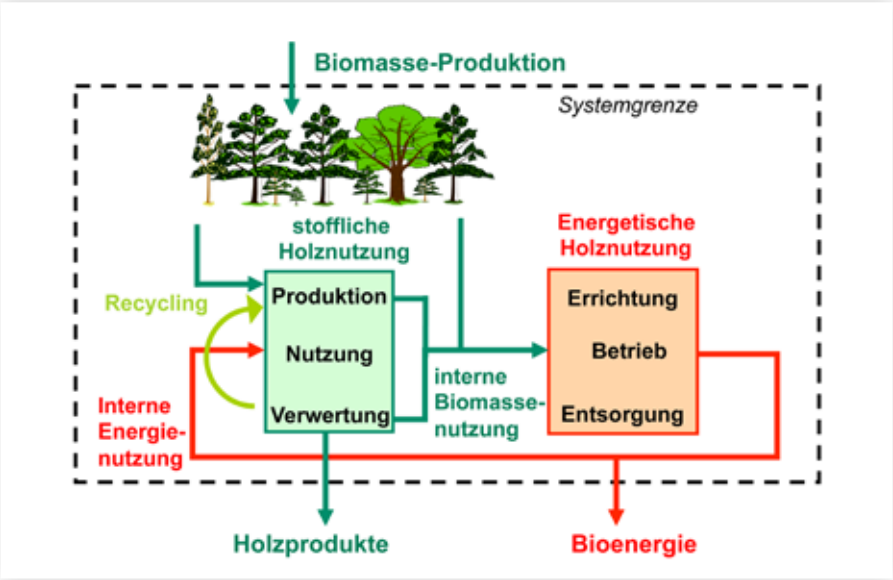
Die Beiträge der Treibhausgase zum THG-Effekt in CO_2-Äquivalenten sind (Bezug 100 Jahre wie in den internationalen Richtlinien des IPCC vorgegeben):

- 1 kg CO_2 = 1 kg CO_2-Äq.
- 1 kg CH_4 = 25 kg CO_2-Äq.
- 1 kg N_2O = 298 kg CO_2-Äq.

Referenzsystem bzw. Substitution: Fläche, Wald, Energie, Papier etc.

Bei der Bewertung der THG-Bilanz der Holznutzung ist es auch wichtig, ob durch die erzeugten Produkte andere Produkte z. B. aus fossilen Rohstoffen ersetzt werden, und wenn ja, welche. Die THG-Emissionen der substituierten Produkte müssen ebenfalls auf Basis einer Lebenszyklusanalyse ermittelt werden.

Bei der energetischen Holznutzung werden meist andere Energieträger, wie Öl, Erdgas, Kohle oder andere erneuerbare, wie z. B. Wasserkraft, ersetzt. Bei der stofflichen Holznutzung ist der Ersatz anderer Produkte nicht immer eindeutig, da nicht für alle Holzprodukte gleichwertige andere Produkte zur Verfügung stehen. Bei Holz als Baustoff können die ersetzten Produkte z. B. Metalle, Beton oder Kunststoff sein. Bei Produkten aus Zellstoff, wie etwa Karton, kann es sich bei den ersetzten Produkten um Kunststoff oder Aluminium handeln. Bei der Substitution ist generell davon auszugehen, dass nicht immer 100 % andere Produkte ersetzt werden. bzw. bei einer Zunahme des Bedarfes (Beispiel: Der Zuwachs



Quelle: Joanneum Research

Abb. 5: Lebenszyklusanalyse der stofflichen Holznutzung (Produktion – Nutzung – Verwertung) und energetischen Holznutzung (Errichtung – Betrieb – Entsorgung)

des jährlich steigenden Wärmebedarfes wird durch Wärme aus energetischer Holznutzung gedeckt).

Treibhausgasbilanzen

Anhand von ausgewählten Beispielen wird die Treibhausgasbilanz der stofflichen und energetischen Holznutzung dargestellt. Hierbei werden Daten aus Projekten der vergangenen Jahre verwendet, wobei aufgrund der projektspezifischen Fragestellungen auch unterschiedliche Systemgrenzen angesetzt werden, die bei den Beispielen kurz angeführt werden.

1. Wärme

In Abb. 6 sind die THG-Emissionen von Nutzwärme im Lebenszyklus unterschiedlicher Heizungssysteme angeführt (Technologie 2014). Die CO_2-Emissionen aus der Holzverbrennung wurden, wie für den Energiesektor beim IPCC vorgesehen, mit „CO_2-neutral" angesetzt. Die Aufwendungen in der Forstwirtschaft bzw. Holzverarbeitung wurden nach Masse alloziert. Die Veränderungen der Kohlenstoff-Speicher bzw. Landnutzungsänderungen wurden nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen, dass die energetische Holznutzung für Nutzwärme bei Ersatz von fossilen Energieträgern um etwa 85 bis 90 % geringere THG-Emissionen hat. Je nach Art des Brennstoffes aus Holz ergeben sich auch unterschiedliche THG-Emissionen.

2. Strom und Wärme

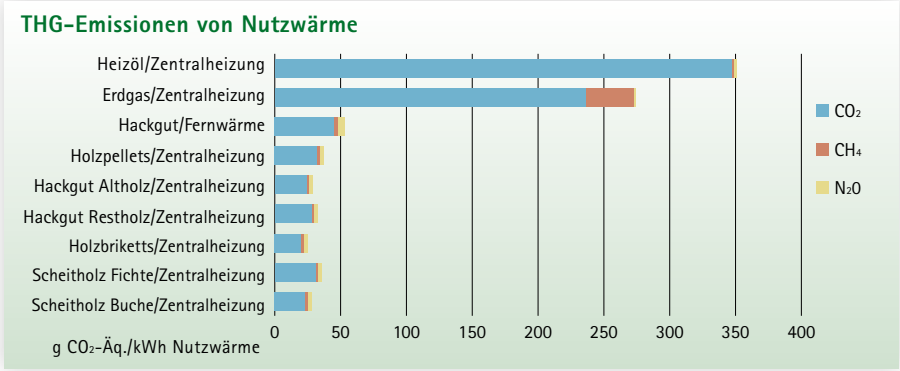
In Abb. 7 sind die THG-Emissionen der gekoppelten Erzeugung von Strom und Nutzwärme im Lebenszyklus unterschiedlicher KWK-Systeme angeführt (Technologie 2014). Es werden die Emissionen in Gramm (g) pro 0,33 kWh Strom und 0,67 kWh Nutzwärme beim Kunden (inklusive Netze) angeführt. Die CO_2-Emissionen aus der Holzverbrennung wurden, wie für den Energiesektor beim IPCC vorgesehen, mit „CO_2-neutral" angesetzt. Die Veränderungen der Kohlenstoff-Speicher bzw. Landnutzungsänderungen wurden nicht berücksichtigt. Die Aufwendungen in der Forstwirtschaft bzw. Holzverarbeitung wurden nach Masse alloziert. Die Ergebnisse zeigen, dass die energetische Holznutzung für Strom und Nutzwärme bei Ersatz von fossilen Energieträgern um etwa 75 bis 90 % geringere THG-Emissionen hat. Je nach Art der KWK-Technologie mit Hackgut ergeben sich aufgrund der Nutzungsgrade auch unterschiedliche THG-Emissionen.

3. Strom, Wärme und Treibstoff

Neue Entwicklungen z. B. an der TU Wien werden in Zukunft auch die gekoppelte Erzeugung von Biotreibstoffen, Strom und Nutzwärme aus Holz („Polygeneration") ermöglichen, wie etwa über die Vergasung zu Fischer-Tropsch (FT)-Diesel und synthetischem Erdgas (SNG). In Abb. 8 sind die THG-Emissionen der Polygeneration im Lebenszyklus von Systemen für FT-Diesel und SNG dargestellt (Technologie 2020). Es werden die Emissionen in Abhängigkeit der Anteile der einzelnen Energieträger abgebildet: Gramm pro 0,20 kWh Strom + 0,45 kWh Nutzwärme + 0,35 kWh Treibstoff. Die CO_2-Emissionen aus der Holzverbrennung wurden, wie für den Energiesektor bei IPCC vorgesehen, mit „CO_2-neutral" angesetzt. Die Veränderungen der Kohlenstoff-Speicher bzw. Landnutzungsänderungen wurden nicht berücksichtigt. Beim Referenzsystem wurde auch eine Wärmeerzeugung aus Holz zu Grunde gelegt, da in dieser Analyse angenommen wurde, dass alte Biomasse-Heizwerke zukünftig durch Polygenerationsanlagen ersetzt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die energetische Holznutzung für Strom, Nutzwärme und Treibstoffe in diesem Fall um etwa 85 bis 90 % geringere THG-Emissionen hat.

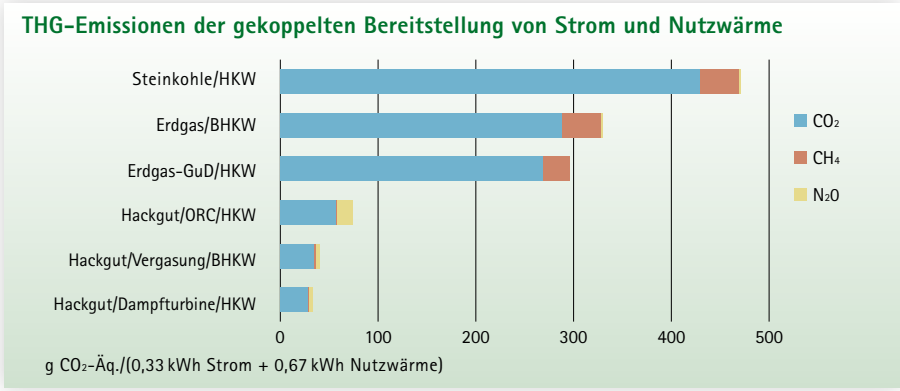
4. Strom, Wärme, Treibstoff und Chemikalien

Zukünftig wird es auch kommerziell möglich sein, in sogenannten „Bioraffinerien" Che-



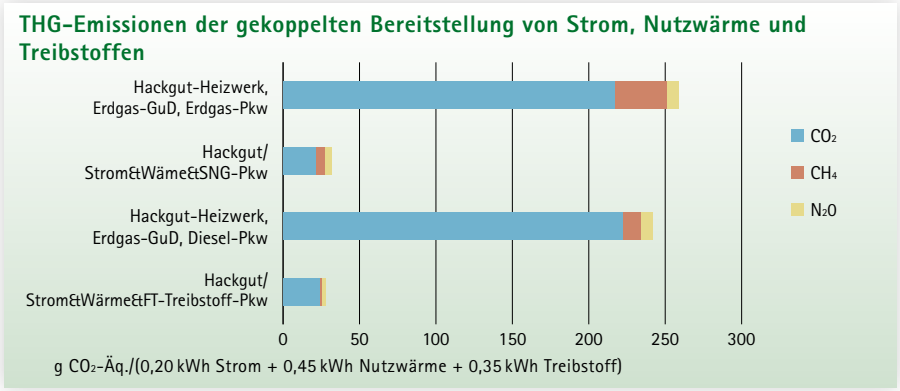
Quelle: Joanneum Research

Abb. 6: Der Ersatz fossiler Energieträger senkt die Treibhausgas-Emissionen bei Nutzwärme um 85 bis 90 %.



Quelle: Joanneum Research

Abb. 7: Treibhausgas-Emissionen der gekoppelten Bereitstellung von Strom und Nutzwärme (ORC: Organic Rankine Cycle, GuD: Gas- und Dampf-Prozess)



Quelle: Joanneum Research

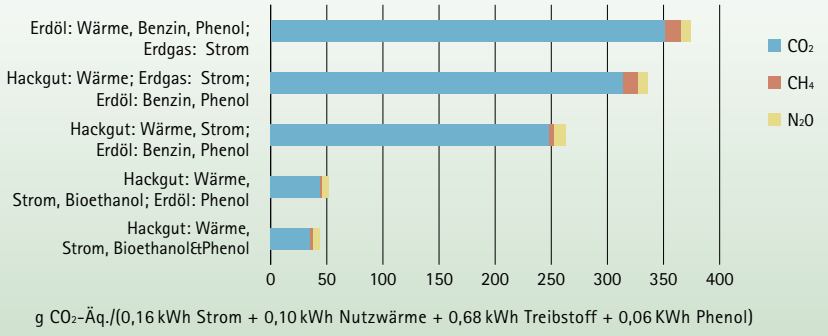
Abb. 8: Treibhausgas-Emissionen der gekoppelten Bereitstellung von Strom, Nutzwärme und Treibstoffen (Fischer-Tropsch (FT)-Diesel und synthetisches Erdgas - SNG)

mikalien aus Holz gemeinsam mit Strom, Wärme und Treibstoffen zu erzeugen, wie z. B. Phenol als Klebstoff für Spanplatten aus der Pyrolyse von Lignin der Bioethanol-Erzeugung aus Holz. In Abb. 9 sind die THG-Emissionen der gekoppelten Erzeugung von Strom, Wärme, Bioethanol und Phenol aus Holz in einer Bioraffinerie dargestellt: 0,16 kWh Strom + 0,10 kWh Wärme + 0,68 kWh Treibstoff + 0,06 kWh Phenol. Es werden die Emissionen in Abhängigkeit der Energieanteile der einzelnen Produkte dargestellt. Die CO_2-Emissionen aus der Holzverbrennung wurden, wie für den Energiesektor beim IPCC vorgesehen, mit „CO_2-neutral" angesetzt. Die Veränderungen der Kohlenstoff-Speicher bzw. Landnutzungsänderungen wurden nicht berücksichtigt, z. B. Kohlenstoff im Phenol. Auch wurde die Verwertung des Phenols am Ende der Nutzungsdauer nicht berücksichtigt, da diese Werte für das konventionelle Phenol gleich sind. Die Bioraffinerie wurde mit unterschiedlichen Referenzsystemen verglichen, die entweder nur fossile Energie oder eine Kombination von fossiler Energie und Holz nutzen. Die Ergebnisse zeigen, dass die kombinierte stoffliche und energetische Holznutzung in einer Bioraffinerie um bis zu 90 % geringere THG-Emissionen haben kann.

5. Holzprodukte: Fensterrahmen und Deckenkonstruktionen

In Abb. 10 sind die THG-Emissionen der Erzeugung von Fensterrahmen (Holz, Aluminium und Kunststoff) und von Deckenkonstruktionen (Holz und Beton) dargestellt (Technologie 2010). Die Emissionen werden in Abhängigkeit der Energieanteile der einzelnen Produkte abgebildet. Die CO_2-Emissionen aus der Holzverbrennung wurden, wie für den Energiesektor beim IPCC vorgesehen, mit „CO_2-neutral" angesetzt. Die Veränderungen der Kohlenstoff-Speicher bzw. Landnutzungsänderungen wurden nicht miteinbezogen, z. B. Kohlenstoff im Fensterrahmen. Auch wurde die Verwertung der Produkte am Ende der Nutzungsdauer nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Fensterrahmen aus Holz wesentlich geringere Emissionen hat als der Rahmen aus Aluminium. Der Kunststoff-Rahmen verursacht etwas geringere Emissionen als Holz. Aufgrund ähnlicher spezifischer Gewichte lassen sich die Fensterrahmen auf Basis einer Tonne vergleichen, auf die Deckenkonstruktion aus Holz und Beton trifft dies jedoch nicht zu. Der Vergleich ist also in dieser Form nicht eindeutig möglich. Weiters können die Holzprodukte am Ende der Nutzungsdauer energetisch genutzt

THG-Emissionen der gekoppelten Bereitstellung von Strom, Nutzwärme, Bioethanol und Phenol



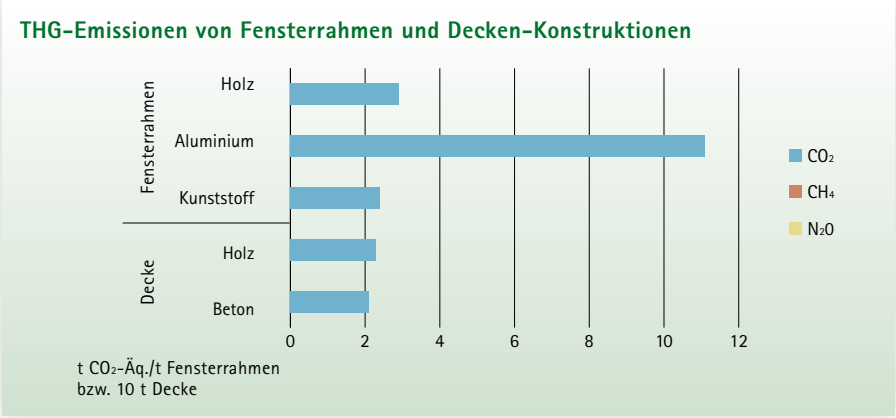
Quelle: Joanneum Research

Abb. 9: Kombinierte stoffliche und energetische Holznutzung in einer Bioraffinerie kann 90 % THG-Emissionen einsparen.

werden, womit wiederum THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern vermieden werden. Daraus würde sich ein anderes Ergebnis ergeben.

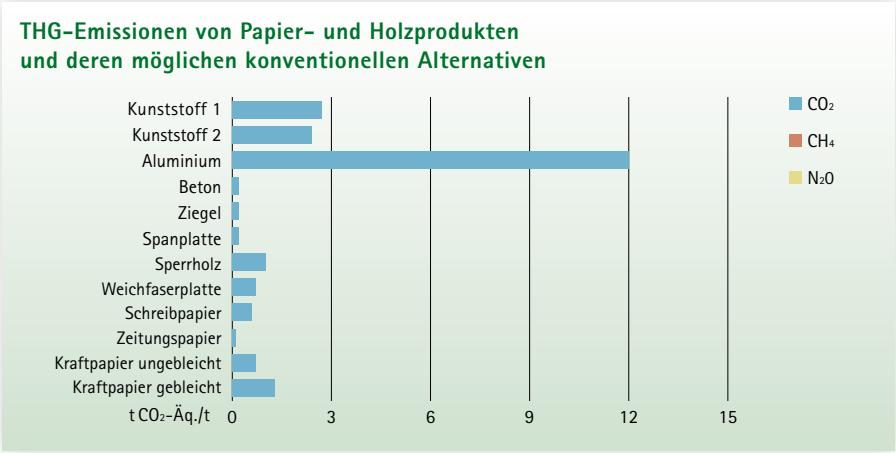
6. Papier- und Holzprodukte

In Abb. 11 sind die THG-Emissionen unterschiedlicher Papier- und Holzprodukte im Vergleich zu möglichen konventionellen Produkten dargestellt (Technologie 2010). Die CO_2-Emissionen aus der Holzverbrennung wurden, wie für den Energiesektor bei IPCC vorgesehen, mit „CO_2-neutral" angesetzt. Die Veränderungen der Kohlenstoff-Speicher bzw. Landnutzungsänderungen wurden nicht erfasst, z. B. Kohlenstoff im Papier. Auch wurde die Verwertung der Produkte am Ende der Nutzungsdauer nicht berücksichtigt. Die THG-Emissionen werden pro Tonne dargestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der untersuchten Produkte ist ein direkter Vergleich nicht möglich. Es ist notwendig, für einzelnen spezifischen Anwendungen, etwa



Quelle: Joanneum Research

Abb. 10: Treibhausgas-Emissionen von Fensterrahmen und Decken-Konstruktionen – bei Holzfenstern und -decken ist die energetische Verwertung am Ende der Nutzungsdauer nicht berücksichtigt.



Quelle: Joanneum Research

Abb. 11: Treibhausgas-Emissionen von Papier- und Holzprodukten und deren möglichen konventionellen Alternativen

Verpackungsmaterial die jeweiligen Substitutionsfaktoren zu ermitteln, z. B. kann 1 Tonne Karton durch 0,85 Tonnen Kunststoff ersetzt werden.

7. Forstwirtschaft und Holznutzung in Österreich

Um die THG-Bilanz der Holznutzung in Österreich vollständig erstellen zu können, sind neben den möglichen Substitutionseffekten der stofflichen und energetischen Holznutzung sowie der Betrachtung des Lebenszyklus noch die Kohlenstoff-Dynamik und -Speicherung in der Forstwirtschaft zu berücksichtigen. Dies ist nur möglich, wenn die Treibhausgase aus den Emissionen aus der Verbrennung, der Kohlenstoff-Speicherung im Wald und in den Holzprodukten sowie die Kohlenstoff-Aufnahme durch den Wald unter der Berücksichtigung von Substitutionseffekten über die Zeit bilanziert werden. Für diese Analysen wurden international einige Modelle entwickelt. In Österreich wurde hierzu im Projekt „Smart Forests" ein Modell erstellt, um die THG-Bilanz unterschiedlicher Szenarien der Waldbewirtschaftung und der Holznutzung in ihrer zeitlichen Dynamik zu bewerten und ganzheitlich zu optimieren. Im Modell werden die Substitutionseffekte der energetischen und stofflichen Holznutzung berücksichtigt (wie in den Punkten 1 bis 6 beschrieben). Diese Modellierungen zeigen, dass die Zeitverzögerung bei der THG-Reduktion eine Rolle spielen kann – das heißt, dass die CO_2-Emissionen aus der Verbrennung von zusätzlichem Holz kurzfristig höher sein können als die zeitgleiche CO_2-Aufnahme durch das Holzwachstum. Diese Zeitverzögerung kann bedeuten, dass die vollständige THG-Reduktion erst längerfristig eintritt und somit die zusätzliche energetische Holznutzung zu den zeitlich nahegelegenen Klimaschutzzielen (z. B. +2 °C-Stabilisierung der Erderwärmung bis 2050) nur in einem verringerten Ausmaß beitragen kann. Langfristig ist aber in jedem Fall die volle Klimawirksamkeit der forstlichen Holznutzung gegeben. Somit kann die energetische Holznutzung unter bestimmten Annahmen kurzfristig (bis zu 40 Jahre) nur einen begrenzten, langfristig jedoch einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Mit dem Modell kann gezeigt werden, wie und unter welchen Randbedingungen die CO_2-Emissionen aus der verstärkten energetischen Holznutzung als „kohlenstoffneutral" angesehen werden können. Diese zeitliche Abhängigkeit der Klimaauswirkung der verstärkten Holznutzung sollte auch in der Klima- und Energiepolitik Österreichs Berücksichtigung finden, um kurz- und langfristig optimale Strategien zu entwickeln.

Schlussfolgerungen

Es ergeben sich folgend zusammenfassende Schlussfolgerungen für die THG-Bilanz der stofflichen und energetischen Holznutzung:

- Es gibt vielfältige stoffliche und energetische Arten der Holznutzung, z. B. Papier, Holzprodukte, Wärme oder Strom
- In der Realität zeigt sich, dass die stoffliche und energetische Holznutzung immer eng miteinander verbunden sind und jede Trennung im Rahmen der THG-Bilanzierung entsprechende Vereinfachungen gebraucht, die bei der Ergebnisbewertung berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise gilt die Bilanzierung der CO_2-Emissionen aus der Verbrennung von Holz in der Energiewirtschaft als „CO_2-neutral" nur für entsprechend längere Betrachtungszeiträume und eine nachhaltige Forstwirtschaft.
- Eine THG-Bilanz ist nur auf Basis einer Lebenszyklusanalyse möglich unter Berücksichtigung aller drei Treibhausgase: CO_2, CH_4 und N_2O.
- Der Lebenszyklus umfasst bei
  - der energetischen Holznutzung die Errichtung, den Betrieb inklusive Brennstoffbereitstellung und die Entsorgung der Energieanlagen.

Der KOMPLETTANBIETER für erneuerbare Energiesysteme:

Herz®
www.herz.eu

IHR VERLÄSSLICHER PARTNER
Herz seit 1896
über 110 Jahre Marktpräsenz

- Holzvergaserkessel 10 bis 40 kW
- Pelletsanlagen 4 bis 1000 kW
- Hackgutanlagen 6 bis 1000 kW
- Wärmepumpen 5 bis 18 kW
- Speichertechnik

HERZ Energietechnik GmbH
Herzstraße 1, A-7423 Pinkafeld
Tel.: +43(0)3357/42 84 0-0, Fax: DW-190
office-energie@herz.eu, www.herz.eu

  - der stofflichen Holznutzung Produktion, Nutzung und Verwertung am Ende der Nutzungsdauer, z. B. Recycling.
- Um die THG-Bilanz bzw. Klimawirksamkeit der Holznutzung exakt feststellen zu können, muss die Bilanzierung in einer zeitabhängigen Betrachtungsweise der
  - CO_2-Fixierung durch Photosynthese im Wald, der
  - C-Speicherung im Wald und in den jeweiligen Holzprodukten sowie der
  - CO_2-Emissionen bei der Energienutzung erfolgen.
- Die Art und Menge der ersetzten Produkte aus fossilen Rohstoffen und Energieträgern hat wesentlichen Einfluss auf die THG-Bilanz der stofflichen und energetischen Holznutzung, wobei im Allgemeinen die ersetzten Energieträger bei der energetischen Holznutzung leichter zu ermitteln sind als die ersetzten Rohstoffe bei der stofflichen Holznutzung.

Die Betrachtung des Lebenszyklus zeigt, dass grundsätzlich weder die stoffliche noch die energetische Holznutzung alleine eine günstigere Treibhausgasbilanz aufweisen. Jedoch kann die kombinierte stoffliche und energetische Holznutzung eine sehr günstige Treibhausgasbilanz erzielen – insbesondere dann, wenn fossile Rohstoffe und Energie ersetzt werden und das Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammt.

Dipl.-Ing. Dr. Gerfried Jungmeier
JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH,
RESOURCES – Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit,
gerfried.jungmeier@joanneum.at

Hubert Hasenauer

Kohlenstoffkreisläufe in Waldökosystemen

Seit Beginn der Industrialisierung hat der Ausstoß von Treibhausgasen, insbesondere Kohlendioxid (CO_2), stetig zugenommen. Im Jahr 2008 wurde die bislang höchste bekannte Menge mit 7,7 PgC (10^{15} g Kohlenstoff), verursacht durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, erreicht [2]. Zusätzlich wurden 1,2 Pg Kohlenstoff durch die Umwandlung von Wald für landwirtschaftliche Flächen und Siedlungen emittiert. Insgesamt hat sich der CO_2-Anteil in der Atmosphäre von 218 ppm im Jahre 1960 auf derzeit 385 ppm erhöht. Mit der Zunahme des CO_2-Gehaltes in der Atmosphäre kommt es zu einem Anstieg der Temperatur, wobei zu betonen ist, dass ohne CO_2, die durchschnittliche Temperatur auf der Erde −16 °Celsius und nicht wie derzeit etwa +15 °Celsius betragen würde. Im Vergleich dazu wird beim jährlichen Niederschlag eine eher geringe Veränderung erwartet. Für Österreich lässt sich seit 1960 ein Temperaturanstieg von etwa 1,5 °Celsius ermitteln während, die jährlichen Niederschläge sich nicht verändert haben [3].

Die Rolle des Waldes im Klimawandel

Wälder speichern große Mengen an Kohlenstoff und sind daher wichtig für den globalen Kohlenstoffkreislauf [9]. Ohne Wald hätten wir eine um 30 % höhere atmosphärische CO_2-Konzentration, womit die Bedeutung des Waldes für die Pufferung des globalen Temperaturanstieges deutlich wird. Diese Tatsache wird in der derzeitigen REDD-Debatte aufgegriffen und hat zum Ziel, Wald zu erhalten und vor allem auch als erneuerbare Ressource nachhaltig zu bewirtschaften. Nachhaltige multifunktionale Waldwirtschaft soll sowohl die Holzproduktion als auch die ökologische Rolle des Waldes berücksichtigen, damit es zu keiner Degradierung von Waldböden sowie negativen Einflüssen auf die Biodiversität kommt. Im Vergleich zu fossilen Produkten ist Holz bzw. Biomasse aus nachhaltiger Waldwirtschaft, CO_2-neutral, weil der freigesetzte Kohlenstoff im Zuge der Photosynthese und des damit verbundenen Waldwachstums wieder gebunden wird.

© Boku

Abb. 1: Stadien der Waldentwicklung im Urwald und ihre Wirkung auf den Kohlenstoffkreislauf

Warum Holz als CO_2-neutral gilt

Waldökosysteme binden Kohlenstoff. Mit der Kompostierung von abgestorbener Biomasse setzen Wälder aber auch Kohlenstoff an die Atmosphäre frei. Großflächige, vom Menschen unbeeinflusste Waldökosysteme befinden sich im Durchschnitt in einem Gleichgewichtszustand, in dem etwa jene Menge an Kohlenstoff gespeichert wird, welche gleichzeitig durch Abbauprozesse an die Atmosphäre freigesetzt wird. Abb. 1 mit Bildern vom Urwald Rothwald in Niederösterreich zeigt die drei Phasen eines Urwaldes im Kohlenstoffkreislauf [10].

I. Optimalphase (C-Senke) – der Wald speichert große Mengen an Kohlenstoff (großer Holzvorrat), der Wald ist eine Senke;
II. Zerfallsphase (C-Quelle) – große umgestürzte Bäume verfaulen und geben Kohlenstoff an die Atmosphäre ab, der Wald ist eine Kohlenstoffquelle;
III. Verjüngungsphase (C-neutral) – Verjüngungsphase des Waldes bei gleichzeitigem Ende der Zerfallsphase, der Waldbestand ist Kohlenstoff-neutral.

Was bewirkt Waldwirtschaft?

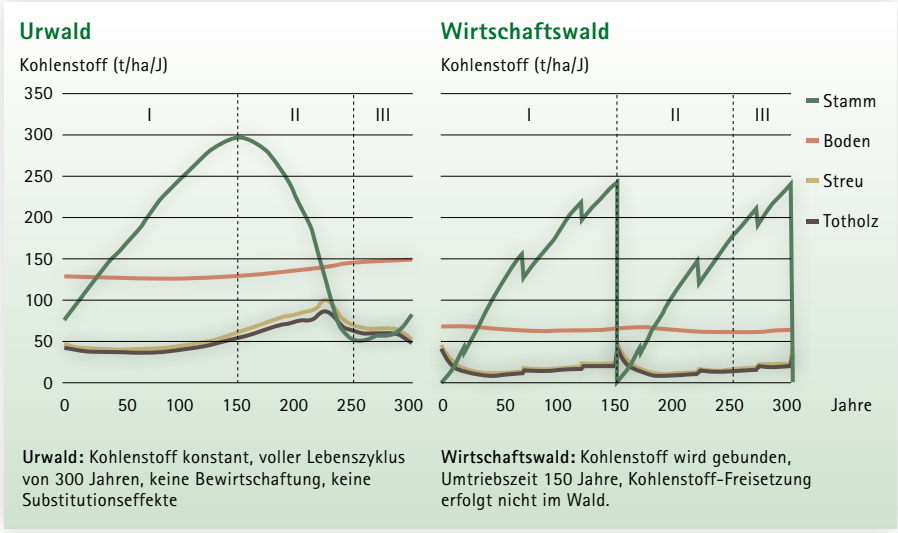
Waldwirtschaft nutzt Holz am Ende der Optimalphase und führt dies idealerweise im Sinne einer kaskadischen Verwendung der gesellschaftlichen Nutzung zu. Am Ende des Prozesses verrottet dann Holz wieder bzw. wird für die Energieerzeugung verwendet. Damit werden fossile Stoffe (Erdöl, Erdgas) subsituiert und durch die erneuerbare Ressource Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft ersetzt. In Abb. 2 und Abb. 3 wird die Wirkung samt Effekten im Vergleich von Urwald zu Wirtschaftswald schematisch dargestellt.

Das Kyoto-Protokoll

Um gegen die zu erwartende Erderwärmung vorgehen zu können, wurde eine Reihe von Initiativen gestartet, die im Wesentlichen eine Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger und damit des CO_2-Ausstoßes an die Atmosphäre zum Ziel haben. Solche Strategien sind etwa die Vorgaben der EU und für Österreich das Ökostromgesetz 2002, der Aktionsplan Energieholz, das Regierungsprogramm zur Förderung der erneuerbaren Energien und vieles mehr.

Die international wichtigste Vereinbarung ist aber das Kyoto-Protokoll. Österreich hat sich bei der Klimakonferenz im japanischen Kyoto zu einer Reduktion des CO_2-Ausstoßes bis 2012 um 13 % bezogen auf das Niveau von 1990 verpflichtet [16]. Diese Vereinbarung gilt seit 16. Februar 2005. Parallel dazu hat das Kyoto-Protokoll den Grundstein für einen Handel mit Emissionszertifikaten gelegt. Die Idee dabei ist, dass bei einem Überschreiten der festgesetzten CO_2-Limits Zertifikate zugekauft werden müssen. Da diese Geld kosten, soll auch ein starkes wirtschaftliches Interesse an der Erfüllung der Kyoto-Ziele entstehen. Darüber hinaus enthält das Kyoto-Protokoll Regelungen, wonach auch die Kohlenstoffvorräte in den Wäldern künftig bilanziert werden müssen. Dies ist insbesondere für Staaten wichtig (z. B. tropische Wälder), die großflächig Wald in andere Landnutzungsformen umwandeln und damit große Mengen an im Holz gebundenen Kohlenstoff freisetzen [12]. Für Länder mit nachhaltiger Waldbewirtschaftung gilt es hingegen die Optionen für die Holzernte als erneuerbare Ressource richtig zu nutzen. In Österreich nimmt die Waldfläche derzeit kontinuierlich um etwa 7.000 Hektar jährlich zu, und die jährlichen Holzzuwächse werden im Durchschnitt nur zu rund 75 % genutzt. Damit ist der stoffliche und energetische Einsatz von Waldbiomasse – neben den dringend gebotenen Energieeinsparungen – eine der effizientesten Maßnahmen für den Klimaschutz.

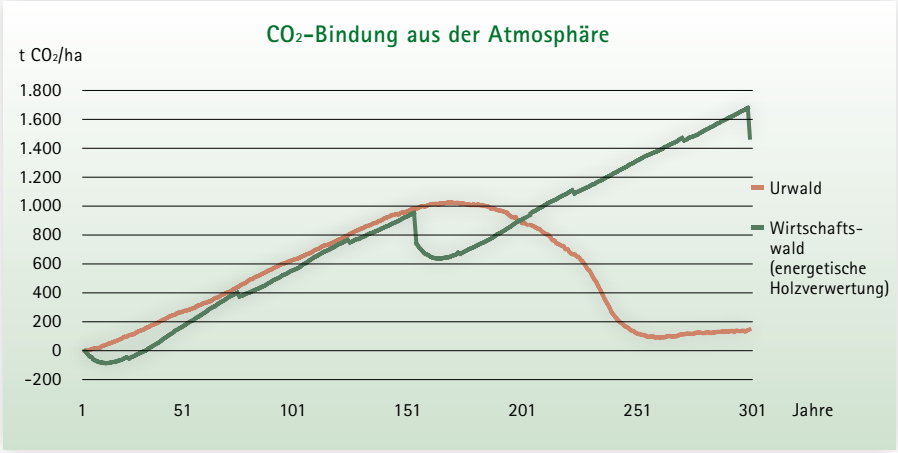
Bis zur UN-Klimakonferenz 2009 in Kopenhagen gab es die Bewertung von Waldsenken, und ab 2013 galt die Netto-



Urwald: Kohlenstoff konstant, voller Lebenszyklus von 300 Jahren, keine Bewirtschaftung, keine Substitutionseffekte

Wirtschaftswald: Kohlenstoff wird gebunden, Umtriebszeit 150 Jahre, Kohlenstoff-Freisetzung erfolgt nicht im Wald.

Quelle: Boku



Quelle: Boku

Abb. 2 und 3: Effekte auf den Kohlenstoffkreislauf im Vergleich von Urwald zu Wirtschaftswald. Annahmen: **300 ha Urwald** *mit idealer Altersklassenverteilung (1 ha = 1 Jahr etc.), in Summe über alle Bestände keine Auswirkungen auf die CO_2-Menge in der Atmosphäre (CO_2-neutral) und somit auch keine Senkenleistung (C-Abgabe und C-Aufnahme ±0).*

Im Gegensatz dazu **300 ha Wirtschaftswald** *mit idealer Altersklassenverteilung (½ Umtriebszeit bedeutet 2 ha je Altersklasse) hat aufgrund von Substitutionseffekten (nur energetische ohne stoffliche Verwertung – Ersatz von fossilem Kohlenstoff, 1 t Wald-Kohlenstoff ersetzt 2,7 t fossiles CO_2) einen positiven Effekt. Die dargestellte Senkenleistung (CO_2-Äquivalent grüne Linie) beträgt in Summe etwa 1.603 t CO_2 = 5,34 t CO_2/ha/J. Im Gegensatz zum Urwald wird C bzw. CO_2 nicht durch Zersetzungsprozesse freigesetzt (rote Linie), sondern geerntet und im Zuge der energetischen Nutzung an die Atmosphäre abgegeben.*

Atmosphäre: *Hier wird die Bindung von CO_2 durch den Wald dargestellt und nicht der Kohlenstoff, weil die Abgabe in Form von CO_2 bei der Verbrennung angenommen wird und hier in der Grafik nicht enthalten ist. Substitutionseffekte bei Ersatz von Heizöl durch Buchenbrennholz mit eingerechnet, Substitutionseffekte durch die stoffliche Nutzung von Holz und Zwischenspeichereffekte von Kohlenstoff in Holzprodukten sind nicht dargestellt. Umrechnung von C auf CO_2 erfolgt auf Basis des Atomgewichtes im Verhältnis 12 : 44 – C : CO_2.*

speicherungsrate des Jahres 1990 als Diskussionsgrundlage. Diese Bezugsbasis hätte für Österreich bedeutet, dass trotz der günstigen Rahmenbedingungen die Holzmobilisierung zu drosseln gewesen wäre. Die österreichischen Vertreter haben daher vorgeschlagen, dass eine jährliche Nettospeicherung (für 2013 bis 2020) von rund 2,1 Mio. Tonnen CO_2 im Wald und von rund 4,4 Mio. Tonnen CO_2 in Holzprodukten erfolgen soll. (Zur Orientierung: 1 Mio. Festmeter (fm) Holz entspricht rund 1,1 Mio. Tonnen CO_2-Äquivalenten).

Für Österreich als einem der Signatarstaaten stellt sich die Kohlenstoffbilanz derzeit wie folgt dar: Ab 2012 wäre nur mehr ein jährlicher Ausstoß von 68,87 Mio. Tonnen CO_2 erlaubt. Als Basis dafür gilt der Ausstoß aus dem Jahr 1990 mit circa 79 Mio. Tonnen CO_2. Mit Jahresende 2003 betrug der Ausstoß 91,6 Mio. Tonnen, im Jahr 2004 ist dieser etwas gesunken, um 2005 auf die bisherige Höchstmarke von 93,2 Mio. Tonnen CO_2 anzusteigen. 2011 wurden 82,8 Mio. Tonnen gemessen. Hauptverursacher sind die Industrie mit 30 % und der Verkehr mit rund 26 % der Emissionen. Interessant ist der große Anteil, der durch den Tanktourismus (geschätzte 8 Mio. Tonnen CO_2, s. Kischko 2007) erzeugt wird. Somit ergibt sich derzeit ein Fehlbetrag im Erreichen des Koyto-Zieles von etwa 24,4 Mio. Tonnen CO_2. Nimmt man an, dass die Emissionszertifikate für eine Tonne CO_2 am internationalen Markt für mindestens 10 Euro/Tonne CO_2 gehandelt werden könnten, so ergäbe sich ein Finanzierungsbedarf von circa 250 Mio. Euro, die Österreich für den Zukauf von Zertifikaten aufzuwenden hätte.

Folgen von Intensivierung der Waldwirtschaft für Kohlenstoffkreislauf

Intensiviert man die Waldwirtschaft, kommt es zu Veränderungen der Waldstruktur. Aus Abb. 2 und Abb. 3 geht hervor, dass ein Urwald bei genügend großer Fläche im Gleichgewicht ist und im Durchschnitt über alle Altersphasen den größten verteilten mittleren Vorrat aufweist. Dies ist insofern wichtig, weil die Waldbewirtschaftung im Vergleich zu einem Urwald (auf gleicher Fläche) grundsätzlich nicht zu einer Erhöhung des mittleren Vorrates führen kann. Einzige Ausnahmen wären eine Änderung der Baumarten und das Ausbringen genetisch verbesserten Pflanzmaterials.

Tab. 1: Kohlenstoffvorräte in europäischen Wäldern und gespeicherter Kohlenstoffgehalt in einem 800 fm-Buchenwald bzw. 800 fm-Fichtenwald (in Tonnen C)

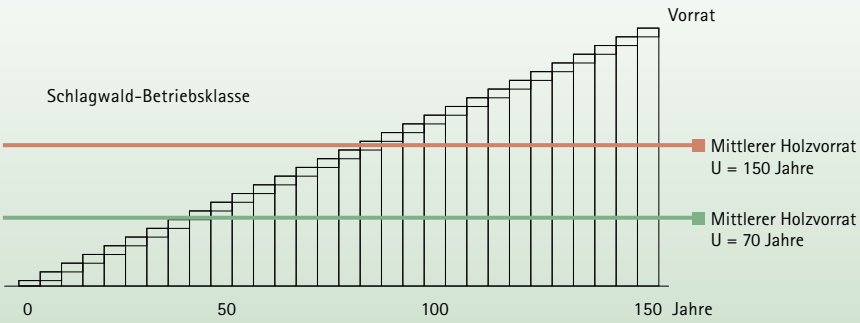
C-Vorräte der Wälder Europas	
Bäume und Boden	12.052 Mio.
davon Baum-Biomasse	7.927 Mio.
Jährliche C-Anreicherung der Wälder Europas	
in Bäumen	101 Mio.
im Boden	28 Mio.
C-Vorrat eines Buchenwaldes (800 fm/ha)	
Derbholz	640
Reisig und Blätter	191
C-Vorrat eines Fichtenwaldes (800 fm/ha)	
Derbholz	528
Reisig und Blätter	205

Quelle: Boku

Würde man den in Abb. 2 dargestellten, in einem ausgeglichen Altersklassenverhältnis befindlichen Wirtschaftswald intensiver Nutzen, indem etwa die Umtriebszeit von 150 Jahre auf 70 Jahre verkürzt wird, hätte dies folgende Effekte auf den Kohlenstoffhaushalt (s. Abb. 4 und Abb. 5, Beispiel Ertragstafel Fichte Hochgebirge, mittlere Bonität, Annahme Normalwaldmodell):

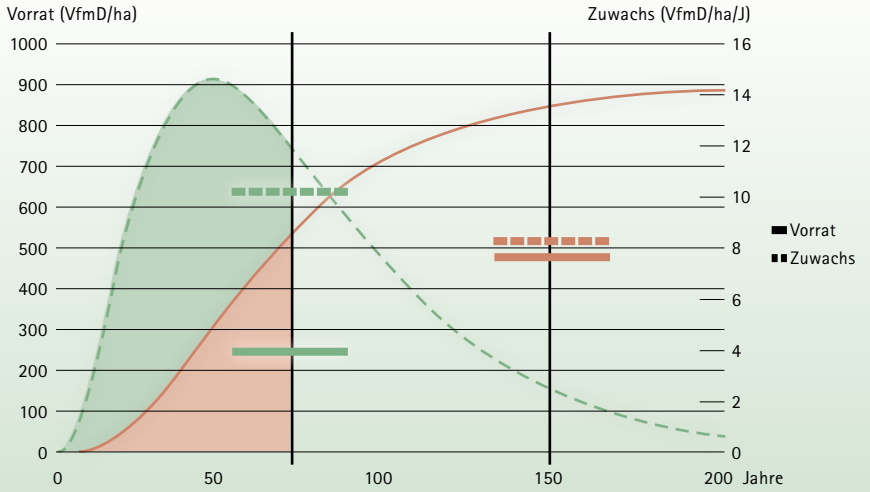
1. Der mittlere Holzvorrat sinkt von 499 fm/ha auf 223 fm/ha.
2. Das bedeutet, dass in kurzer Zeit sehr große Mengen an gespeicherten Kohlenstoff bzw. Holzvolumen dem Wald

Umtriebszeit wird von 150 Jahre auf 70 Jahre reduziert: Annahmen ausgeglichenes Altersklassenverhältnis – Normalwaldmodell



Quelle: Boku

Verkürzung der Umtriebszeit von 150 auf 70 Jahre



Quelle: Boku

Abb. 4 und 5 : Beispiel für die Verkürzung der Umtriebszeit in einem Fichtenreinbestand unter der Annahme eines ausgeglichen Altersklassenverhältnis (siehe Normalwaldmodell) mit nachhaltiger Nutzung. Die rote waagerechte Linie zeigt in beiden Abbildungen den mittleren Holzvorrat von 499 fm/ha bei einer Umtriebszeit von U=150 Jahren an, die grüne Linie zeigt das sich einstellende Gleichgewicht bei einer Halbierung der Umtriebszeit auf U=70 Jahre mit einem mittleren Volumen von 223 fm/ha.

Die gestrichelten Linien (rot und grün) zeigen die Veränderung des mittleren Volumenzuwachses je Hektar. Es wird deutlich, dass durch die Umtriebszeitverkürzung, die stockenden Vorräte sinken, der Wald im Durchschnitt jünger wird und damit die mittleren Zuwächse je Hektar von 8,0 fm auf 10,3 fm ansteigen (jüngere Bäume haben im Vergleich zu älteren einen höheren Volumenzuwachs). Das Beispiel wurde mit der Ertragstafel Fichte Hochgebirge mittlerer Bonität gerechnet. Ein Übergangszeitraum ist hier nicht berücksichtigt.

entzogen werden. Würde dieser Kohlenstoff-Anteil sofort verbrannt, käme es zu einer zusätzlichen Freisetzung von CO_2 in die Atmosphäre durch erhöhte Waldnutzung, außer der Anteil substituiert fossile Energieträger, wie Kohle, Gas und Erdöl. In diesem Fall würde man zwar mehr Kohlenstoff aus dem Wald entnehmen, aber die Substitutionseffekte und damit die Klimaschutzeffekte sind positiv zu sehen.

3. Durch die Intensivierung (Umtriebszeitverkürzung) werden die Wälder im Mittel jünger. Dies führt zu einem höheren jährlichen Zuwachs, was wiederum kompensatorische Effekte zur Folge hat, weil aufgrund des erhöhten Zuwachses pro Jahr und Fläche mehr CO_2 im Holz gespeichert wird.

Diese mögliche Erhöhung der CO_2-Freisetzung aufgrund von Veränderungen in der mittleren Altersklassenstruktur wird oft als „Carbon debt" [1] bezeichnet. Damit soll ausgedrückt werden, dass – wenn man einen im Gleichgewicht befindlichen Wald durch Intensivierung der Waldwirtschaft im Mittel verjüngt – sich erst wieder ein neues Gleichgewicht ergeben muss. Bis zur Einstellung des neuen Gleichgewichtes stellt der Wald eine CO_2-Quelle dar.

Genau das Gegenteil – eine Senke – ist der Wald, wenn die Umtriebszeit erhöht wird, Wälder aus der Nutzung gestellt werden oder der Zuwachs nicht genutzt wird. In derartigen Fällen kommt es zu einer Akkumulation der Biomasse, weil die mittleren Volumenvorräte je Hektar steigen bzw. die Wälder im Durchschnitt älter werden. Diese Steigerung der mittleren Hektarvorräte kann theoretisch so lange erfolgen, bis man das Gleichgewicht eines Urwaldes erreicht hat, womit die Bäume aufgrund der physiologischen Altersgrenze absterben und damit CO_2 freisetzen. Bei all diesen Überlegungen sind aber die kompensatorischen Effekte – also die Substitution fossiler Energieträger – zu beachten. CO_2, das einmal aus fossilen Energieträgern freigesetzt wird, kann zumindest nach unseren Vorstellungen nicht mehr in einem realistischen Zeitrahmen in der Lithosphäre gebunden werden und bleibt damit im CO_2-Kreislauf der Erde. Dies gilt es insofern zu betonen, weil Studien zum Thema „Carbon debt" [1] im Übergangszeitraum negative Effekte auf den CO_2-Haushalt darstellen (Wald wird zur CO_2-Quelle), ohne auf die positiven Substitutionseffekte einzugehen [7].

Ein wesentlicher Mangel dieser Studien ist, dass der Faktor Zeit bei der Bewertung der fossilen Energieträger nicht in Betracht gezogen wird, bei Wald jedoch schon in die Überlegungen mit eingeht. Die Anlagerung fossiler Energieträger hat Hunderte Millionen von Jahren gedauert, während die Wechselwirkungen zwischen Wald und Atmosphäre wesentlich kürzer (siehe Umtriebszeiten unsere Wälder) anzusehen ist. Nachdem man sich Kreisläufe in erdgeschichtlichen Zeiträumen nicht vorstellen kann bzw. jede Berechnung eines „Carbon debt" für aus der Lithosphäre gewonnen Energieträger unrealistisch ist, wäre anzumerken, dass hier ein statisches System (fossile Energieträger) mit einem dynamischen System (Wald) verglichen wird, was grundsätzlich als falsch bzw. als Benachteiligung des CO_2-Kreislaufes im Wald anzusehen ist.

Woher kommen Kohlenstoffdaten?

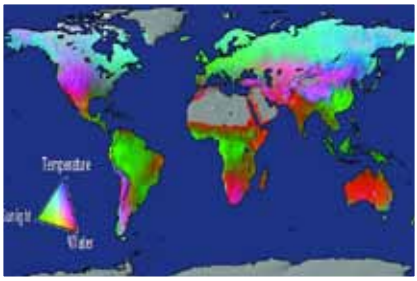
Wald wird seit Jahrhunderten bewirtschaftet. Ein begleitendes Monitoring ist unerlässlich, um eine geregelte Nutzung bzw. Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Zu diesem Zweck wurden Waldinventuren mit dem Ziel etabliert, den Volumenzuwachs zu schätzen. Das berechnete Volumen bzw. der Volumenzuwachs kann dann mithilfe von Biomasseexpansions-Faktoren oder mittels Biomassefunktionen (wenn die Einzelbaumwerte Brusthöhendurchmesser und

© Boku

Die drei weltweit derzeit verfügbaren Kohlenstoff-Monitoringsysteme sind Waldinventuren zur Ermittlung des Volumens, ...

© Boku

... Flux Tower zur Erfassung der Nettoprimärproduktion über Messungen der Stoffflüsse ...



© Boku

... sowie das auf Satellitendaten basierende Erdbeobachtungssystem MODIS (ebenfalls zur Ermittlung der NPP).

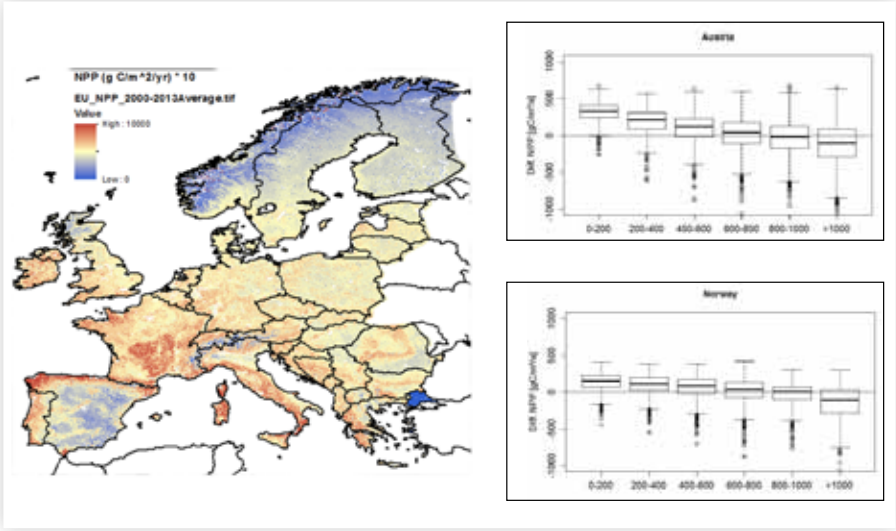
Höhe verfügbar sind) in Kohlenstoff bzw. in NPP (Nettoprimärproduktion) umgerechnet werden (Angaben dazu [14]).

Neben dieser klassisch forstlichen Methode haben sich andere Monitoringsysteme etabliert, die die Ökosystemproduktivität bzw. NPP von Wald abschätzen können. Die Nettoprimärproduktion beschreibt die Menge an Kohlenstoff, die ein Ökosystem im Zuge der Photosynthese aufnimmt, abzüglich der Atmung, die für den Photosyntheseprozess selbst notwendig ist. Monitoringsysteme, die dafür aufgebaut wurden, sind die sogenannte Flux Tower-Messungen sowie NPP-Schätzungen, die aus Satellitendaten (MODIS-NPP) ableitbar sind.

Flux Tower messen Stoffflüsse, genauer gesagt den vertikalen Energie- und Gasaustausch zwischen Ökosystem und Atmosphäre. Aus diesen Messungen ist es möglich, die Netto-NPP zu berechnen. Derzeit gibt es mehr als 500 Flux Tower weltweit (Stand 07.03.2011), die in lokalen Netzwerken und dem globalen FLUXNET-Netzwerk der NASA organisiert sind.

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ist ein auf Satelliten basiertes Erdbeobachtungssystem der NASA. Anhand der Oberflächenreflexion von rotem und beinahe infrarotem Licht, welches von den Satellitensensoren gemessen wird, kann durch komplexe Algorithmen die NPP berechnet werden [11, 17]. Vorteil dieser Methode ist, dass eine kontinuierlich Schätzung in Abhängigkeit von Vegetationstyp (Gras, Nadelwald, Laubwald oder Mischwald) möglich ist.

Waldinventuren beschreiben sowohl auf betrieblicher als auch auf nationaler Ebene, den Wald anhand von terrestrischen Messungen. In Österreich besteht die Nationale Waldinventur ÖWI aus permanenten Stichprobepunkten. Diese Punkte sind im Abstand von 3,89 km über das gesamte



Quelle: Boku

Abb. 6: Beispiel einer Nettoprimärproduktionsschätzung (NPP) aus MODIS-Satellitendaten für Europa. Die Angaben können als Potenziale der Kohlenstoffbindung in Gramm je m² für ein Jahr verstanden werden (gC/m²/yr). Rechts ist ein Vergleich der Unterschiede in der NPP berechnet aus MODIS-Satellitendaten und Waldinventurdaten (Diff. NPP) in Abhängigkeit von der Bestandesdichtegruppen ausgedrückt als Kronenkonkurrenz-Faktor (Crown Competition Factor – CCF) nach [6] dargestellt. Es zeigt sich ein klarer Trend der Fehlschätzungen in Abhängigkeit von der Dichte, der somit leicht zu korrigieren ist.

Bundesgebiet verteilt. Anhand dieser Daten kann man sowohl die vorhandene Biomasse als auch die NPP berechnen.

Alle drei Methoden eignen sich in unterschiedlicher Weise dafür, die Produktivität von Wäldern zu schätzen. Auffallend ist, dass nur Waldinventuren die tatsächliche akkumulierte Biomasse am Ort ermitteln, da bei den beiden anderen Methoden zwar NPP-Schätzungen – also die Erfassung der Gesamtproduktivität oder Aufnahme von CO_2 aus der Atmosphäre – nicht aber Angaben über Verteilung des Kohlenstoffs auf die Kompartimente Blatt, Ast, Wurzel und Stamm möglich sind. Somit lässt sich derzeit auch nicht aus Flux Tower oder MODIS-Satellitendaten die akkumulierte Biomasse am Waldstandort ableiten. Dies ist nur mithilfe terrestrischer Walddaten oder entsprechender Modellierungstheorien möglich [4].

Wie kommt man zu nationalen bzw. europäischen Kohlenstoffdaten?

In vielen Staaten Europas [15] gibt es nationale Waldinventuren, die den Waldzustand erfassen. Solche terrestrische Messdaten erlauben Schätzwerte für Bestandesvorrat, Waldbiomasse, Baumarten-Zusammensetzung oder Bestandesdichte, bei Wiederholungsaufnahmen auch für Bestandeszuwachs. Wenn in einem Untersuchungsgebiet diese Stichproben aus einem systematischen regelmäßigen Raster stammen, sind die Schätzwerte repräsentativ, und für das untersuchte Gebiet kann die Entwicklung des Waldes beurteilt werden. Dieses Prinzip wird von zahlreichen Waldinventursystemen weltweit, wie etwa der Österreichischen Waldinventur, angewandt.

Aus Waldinventurdaten lässt sich die NPP durch Addieren von Kohlenstoffzuwachs des Bestandes und Kohlenstoff im Streufall

berechnen [5]. Kohlenstoffzuwachs wird, ähnlich wie Volumenzuwachs, aus wiederholten Messdaten von Bäumen und Modellen berechnet. Kohlenstoff im Streufall wird mit einem klimasensitiven Modell geschätzt. Die Dichte eines Bestandes ist eine wichtige Variable zur Beurteilung des Bestockungsgrades und der Konkurrenz zwischen Bäumen eines Bestandes.

Eine ganz andere Möglichkeit der NPP-Schätzung ergibt sich aus MODIS-Satellitendaten, die eine flächendeckende 1 x 1 km Schätzung in Abhängigkeit vom Vegetationstyp und täglichen Wetterdaten für die gesamte Welt ermöglichen. Eine der interessanten Fragen ist derzeit, wie derartige unterschiedliche Systeme zusammenpassen. Ergebnisse für Österreich zeigten, dass bei hoher Bestandesdichte die aus terrestrischen Messdaten errechneten NPP-Schätzwerte sehr gut mit den NPP-Schätzungen von MODIS zusammenpassen. Nimmt die Bestandesdichte ab, muss sie berücksichtigt werden, um konsistente und vergleichbare Kohlenstoffschätzwerte zu haben [5, 8] (s. Abb. 6).

Dieses Konzept wird im Moment im Rahmen des EU-Projektes FORMIT für Europa getestet und angewandt, indem Waldinventurdaten für 13 Länder verteilt über Europa harmonisiert werden und mit MODIS Satellitendatenschätzungen verglichen werden. Es zeigt sich ein ähnliches Ergebnis: Wird die aufgrund von Bewirtschaftung beeinflusste Bestandesdichte mithilfe von Konkurrenzfaktoren korrigiert, ergibt sich ein konsistentes Bild zwischen den satellitengestützten und den terrestrischen NPP-Schätzungen.

Wie erwähnt können NPP-Schätzungen aus Satellitendaten keine Waldstrukturen abbilden. Ökosystemmodelle können als Schnittstelle zwischen den Waldinventurdaten und den NPP-Schätzungen fungieren. Am Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur Wien wird an derartigen Verfahren gearbeitet, damit die Waldbewirtschaftung mittels terrestrischer Daten nachgebildet werden kann. Diese Erntemodelle können in Ökosystemmodelle eingebaut werden und sollten damit eine Verknüpfung der unterschiedlichen Methoden der Produktionsschätzung von Waldgebieten ermöglichen. Unerlässlicher Bestandteil dafür sind allerdings flächendeckende Waldinventurdaten.

Weiters zeigen die Analysen, dass dieses Ergebnis unabhängig von anderen Variablen, wie Baumart, Bonität, Seehöhe oder Waldfragmentierung, ist. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ein Ansatz für ein europaweites Kohlenstoffschätzmodell ableiten. Die aus MODIS-Satellitendaten errechnete NPP gibt ein Potenzial, das im Mittel von den Ergebnissen der Waldinventurdaten nicht erreicht wird, sondern diese überschätzt. Ist die Bestandesdichte bekannt, können diese Ergebnisse reduziert werden und so einen realistischen Schätzwert für die NPP zu erhalten. Die Bestandesdichte lässt sich über terrestrische Daten ermitteln oder über großräumige biogeochemische Modellierung in Kombination mit Management-Routinen abschätzen [14].

Zusammenfassung und Ausblick

Österreich muss seinen CO_2-Ausstoß senken, um die Klimaziele zu erreichen. Die Förderung erneuerbarer Energien ist notwendig, und so kommt auch der Biomassenutzung aus dem Wald bzw. von landwirtschaftlichen Grenzertragsflächen mehr und mehr Bedeutung zu und führt zu einem verstärkten Interesse an der Bereitstellung von Holz. Dabei ist darauf zu achten, dass die Biomassenutzung nicht zu Degradierungen führt. Äste, Reisig und Blätter, als die Hauptnährstoffträger der Bäume, müssen im Wald verbleiben, damit die Nachhaltigkeit der Standorte gewährleistet bleibt. Holz, das aufgrund seiner Verwendung in Gebäuden, Möbeln etc. vorerst nicht ver-

rottet, dient als „Zwischenlager" für Kohlenstoff. Diese „Zwischenlagerung" bzw. kaskadische Verwendung von Holzprodukten verringert zumindest mittelfristig den natürlichen Beitrag zum CO_2-Gehalt in der Atmosphäre. Zu bedenken ist allerdings, dass dieser in den Holzprodukten zwischengelagerte Kohlenstoff nach dem Erreichen der Nutzungsgrenze sowie einer darauf folgenden energetischen Nutzung freigesetzt wird und damit einen Beitrag zur Erhöhung des CO_2-Gehalts in der Atmosphäre leistet.

Literatur

[1] Agustini, A., JU. Giuntoli, A. Boulamanti. 2013. Carbon accounting of forest bioenergy. JRC. Technical Report. 88p.

[2] Candell, J.G., C. LeQere, M.R. Raupach, Ch.B. Field, E.T. Bultenhuis, P. Clais, T.J. Conway, N.P. Gillett, R.A. Houghten, G. Marland. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO_2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. PNAS. 104: 18866-18870.

[3] Eastaugh, C.S., E. Pötzelsberger, H. Hasenauer. 2011. Assessing the impacts of climate change and nitrogen deposition on Norway spruce (Picea abies L. Karst) growth in Austria with BIME-BGC. Tree Physiology 31: 262-274.

[4] Hasenauer, H., M. Burgmann, M.J. Lexer. 2000. Konzepte der Waldökosystemmodellierung. Austrian Journal of Forest Science. 117: 137-164.

[5] Hasenauer, H., R. Petritsch, M. Zhao, C. Boisvenue, S.W. Running. 2012. Reconciling satellite with ground data to estimate forest productivity at national scales. Forest Ecology and Management, 276: 196–208.

[6] Krajicek, J.E., K.A. Brinkman, S.F. Gingrich. 1961. Crown competition - a measure of density. Forest Sci. 1: 35-42.

[7] Lundmark, T. J. Bergh, P. Hofer, A. Lundström, A. Nordin, B.C. Poudel, R. Sathre, R. Taverna, F. Werner. 2014. Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation. Forests 5: 557-578.

[8] Neumann, M., M. Zhao, G. Kindermann, H. Hasenauer. 2014. Comparing MODIS Satellite with terrestrial Inventory Data to estimate the NPP of Austrian Forests. Ecological modelling (submitted).

[9] Pan, Y., R.A. Birdsey, J, Fang, R. Houghton, P.E. Kauppi, W.A.Kurz, O.LO. Philips, A. Shvidenko, S.L. Lewis, J.G.l Canadell, P. Ciais, R.B. Jackson, S.W. Parala, A.D. McGuire, S. Piao, A. Rautianinen, S. Sitch, D. Hayes. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science. 333: 988-993.

[10] Pietsch, S., Hasenauer, H., 2006. Evaluating the self-initialization procedure of large scale ecosystem models. Global Change Biology 12: 1658–1669.

[11] Running, S., R. Nemani, F. Heinsch, M. Zhao, M. Reeves, H. Hashimoto. 2004. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. BioScience 54: 547–560.

[12] Schulze, E.D, C. Wirth, M. Heimann, 2000. Managing forests after Kyoto. Science 289: 2058-2059.

[13] Thurnher, C., T. Gerritzen, T. Maroschek, M.J. Lexer, H. Hasenauer. 2013. Analysing different carbon estimation methods for Austrian forests. Austrian Journal of Forest Science. 130: 141-165.

[14] Thurnher, C., C.S. Eastaugh, H. Hasenauer. 2014. A thinning routine for large-scale biogeochemical mechanistic ecosystem models. Forest Ecology and Management. 320: 56–69.

[15] Tomppo, E., T. Gschwantner, M. Lawrence, R.E. McRoberts. 2010. National Forest Inventories: Pathways for common reporting. Springer, Berlin. 610S

[16] Weiss, P., K. Schieler, K. Schadauer, K. Radunsky, M. Englisch 2000. Die Kohlenstoffbilanz des österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll. Monographien 106, FBVA UBA.

[17] Zhao M., S.W. Running. 2010 Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. Science 329: 940-943.

Univ.-Prof. Dr. Hubert Hasenauer
Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, hubert.hasenauer@boku.ac.at

Franz Josef Radermacher

Weltweite Wiederbewaldung: Zentraler Baustein zur Einhaltung der 2-Grad-Obergrenze

Der vorliegende Text beschreibt mit Blick auf die laufenden Klimaverhandlungen und den dort verabredeten „Fahrplan" einen Vorschlag für einen Weltklimavertrag Ende 2015, der 2020 in Kraft treten soll mit dem das 2-°C-Ziel noch erreicht werden kann, auch bei weiterem moderatem wirtschaftlichem Wachstum in den Industrieländern und raschem (aufholendem) Wachstum in der übrigen Welt [7, 8, 12].

Dabei wird versucht, alle im Rahmen eines Potsdam-Workshops im Jahr 2013 [10] genannten zusätzlichen Restriktionen bzw. Anforderungen an ein Klimaabkommen (über die Annahmen in [9] hinaus) zu berücksichtigen. Zugleich wird versucht, die teilweise sehr unterschiedlichen Interessen der verschiedenen Staaten in Betracht zu ziehen, ebenso wie die „verfahrene Verhandlungssituation" und den engen verbliebenen Zeitrahmen bis Ende 2015.

Grundsätzliche Überlegungen zu einem neuen Vertragsentwurf

Im folgenden pragmatischen Vorschlag für einen Weltklimavertrag wird stärker als meist in der Literatur auf das Potenzial von Negativemissionen (unter anderem zum Zeitgewinn) gesetzt. Ferner wird eine weitgehende Arbeitsteilung zwischen Politik und dem Privatsektor (Unternehmen, Organisationen, Individuen) angestrebt. Dabei leistet der Privatsektor zwei große Beiträge: Er bezahlt (Staaten) direkt oder indirekt dafür, dass weniger Emissionen auf dem Territorium eines Staates erfolgen, als gemäß Weltklimavertrag zulässig wären (z. B. durch „Stilllegung" von Emissionsrechten) – hier geht es aufaddiert um vielleicht 250 Milliarden (Mrd.) Tonnen CO_2 bis 2050 –, und er zahlt für „Negativemissionen" (bis zu 250 Mrd. Tonnen CO_2-Volumen bis 2050, die der Atmosphäre entzogen werden), insbesondere durch biologische Sequestrierung, primär in Form großflächiger Aufforstung auf degradierten Böden in den Tropen.

Freiwillige Klimaneutralität leistungsstarker Akteure

Ein zentrales Element zur Ermöglichung dieses großen sachlichen und finanziellen Beitrages ist die Idee freiwilliger Klimaneutralität wichtiger Akteure (Organisationen, Unternehmen, Privatpersonen) vor dem Hintergrund einer zunehmenden „Moralisierung der Märkte" [11] und einer immer stärkeren CSR-Orientierung (Corporate Social Responsibility = Unternehmerische Gesellschaftsverantwortung) von Markenunternehmen in Wechselwirkung mit intelligenten und leistungsstarken Konsumenten (z. B. den sogenannten LOHAS) im Kontext eines Sustainable Marketing Management [5]. Diese Idee fördert zudem den technischen Umbau der Zivilisation durch Reduktion von Emissionsrechten und dazu korrespondierend ein „Green Race" im Bereich klimafreundliche Technologien. Zusätzlich füllt sie potenziell den Green-Climate-Fund zugunsten sich entwickelnder Staaten, der ab 2020 (mindestens) 100 Mrd. US-$ pro Jahr betragen soll und dessen Finanzierung bis heute unklar ist. Ein weiterer Finanzbeitrag betrifft die Förderung sich entwickelnder Länder,

z. B. im Kontext von Aufforstungsprojekten in den Tropen zur Erzeugung von Negativemissionen. Über die (freiwillige) Klimaneutralität vieler ökonomisch leistungsstarker Akteure kommt neben der unterschiedlichen Verantwortung von Industriestaaten und Nicht-Industriestaaten zugleich eine wichtige zweite Gerechtigkeitsdimension zum Tragen, nämlich die unterschiedliche Verantwortung leistungsstarker Konsumenten – und ihrer Lieferanten – in Klimafragen im Verhältnis zur übrigen Bevölkerung [2].

Es sei an dieser Stelle hervorgehoben, dass aus Sicht des Autors die Reduktion von bestehenden Emissionsrechten zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft und die Finanzierung von Negativemissionen durch leistungsstarke Akteure des Privatsektors (Organisationen, Unternehmen und Privatpersonen), die sich klimaneutral stellen wollen, ein entscheidender Ansatzpunkt ist, wenn das 2-°C-Ziel noch erreicht werden soll [3, 9]. Indirekt zahlt dann vor allem das reiche Premiumsegment, also die global leistungsstärksten Konsumenten und ihre Unternehmen, für den „Umbau der Zivilisation". Hier liegt neben der Nord-Süd-Thematik eine zweite wichtige Gerechtigkeitsdimension vor, die bei der Lösung des Klimaproblems berücksichtigt werden muss [2]. Noch deutlicher: Ein deutscher Hartz-IV-Empfänger kann zum Beispiel nicht die Klimakosten für den Lebensstil eines indischen Milliardärs bezahlen. Dies wird keinen Konsens finden. Verwiesen sei dazu auf die wichtige Erkenntnis aus [2], dass das 2-°C-Ziel noch problemlos erreicht werden könnte, wenn alle Menschen ihre individuell zurechenbaren Klimagasemissionen auf ihrem Niveau von 2008 halten würden, sofern dieses unter 8 Tonnen pro Jahr lag, und sich ansonsten auf maximal 8 Tonnen pro Jahr begrenzen würden.

Die Premiumkonsumenten, die teilweise über 100 Tonnen CO_2-Emissionen pro Jahr verursachen, sollten sich deshalb im Klimaschutz freiwillig besonders engagieren. Sich individuell und freiwillig klimaneutral zu stellen, ist dafür ein attraktives (und bezahlbares) Angebot. Dies war ein zentrales Thema in [9] und wird in der Folge weiter ausgeführt. Der erforderliche Beitrag des Privatsektors könnte, aufaddiert bis 2050, bilanziell ein Volumen von vielleicht 500 Mrd. Tonnen CO_2-Emissionsvermeidung bzw. -entzug aus der Atmosphäre ausmachen. Die Kosten dafür könnten bei etwa 5.000 Mrd. US-$ liegen, also bei etwa 125 Mio. US-$ bis 150 Mrd. US-$ pro Jahr. Das ist spürbar, aber für die angesprochene Gruppe verkraftbar. Besonders betroffen sind direkt oder indirekt vor allem etwa 2 % der Weltbevölkerung, nämlich die Bezieher der höchsten Einkommen.

Bilanzen, Emissionsverläufe, Potenziale – Vertragsbausteine

Der folgende Ansatz fragt nach der Struktur eines möglichen Klimavertrages im Jahr 2015, der ab 2020 gelten soll, und nach möglichen Maßnahmen für die Zeit bis 2020. Hierzu wird eine grafische Abbildung zu erwartender bzw. wünschenswerter und unter Einsatz verschiedener Instrumente erreichbarer Emissionsverläufe zugrunde gelegt (s. Abb. 1). Es handelt sich um eine Weiterentwicklung der entsprechenden Abbildung aus [9].

Sie umfasst 4 Kurven: (1) die rote „No-contract"-Kurve, (2) die schwarze (erwartete) Vertragskurve, (3) die blaue (pragmatische) Grenzreduktionskurve sowie (4) die grüne 2-°C-Kurve. Der Verlauf der „No-contract"-Kurve ist bis weitgehend 2040 kompatibel mit den Aussagen des kürzlich erschienenen International Energy Outlook 2013 [15]. Die 2-°C-Kurve orientiert sich an der sogenannten WBGU-Budgetgleichung [14]. Die Kurvenstruktur ist generisch. Die beschriebenen, angenäherten Verläufe sind grundsätzlich zwingend, wenn das 2-°C-Ziel, egal auf welche Weise, eingelöst wer-

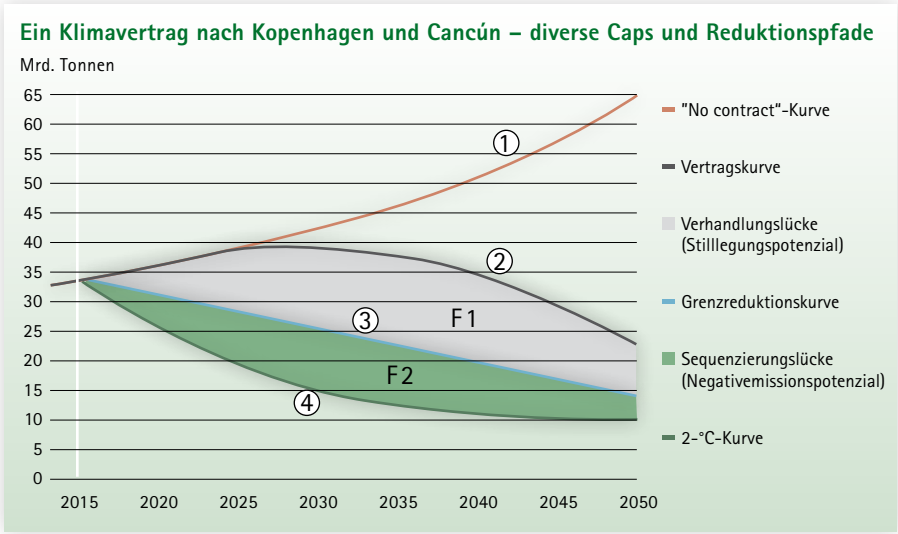


Abb. 1: Verschiedene Entwicklungen von Klimagasemissionen bis 2050

den soll. Die zentrale Frage ist dann: Wird das Klimaproblem gelöst und wie sehen die exakten Verläufe der genannten Kurven in der Realität aus? Angegeben sind hier nur Prinzipverläufe.

1. Kopenhagen-Formel als Grundlage

Der Vertragsvorschlag orientiert sich wie schon der ursprüngliche Vorschlag an der Kopenhagen-Formel: Industrieländer senken ihre Emissionen absolut, Nicht-Industrieländer relativ zu ihrer wirtschaftlichen Wachstumsrate ab. Staaten legen dabei ihre jeweiligen Reduktionsziele (Pledges) individuell und unabhängig voneinander fest. Ein Green-Climate-Fund von mindestens 100 Mrd. US-$ pro Jahr, finanziert durch die Industrieländer, zur Unterstützung von klimabezogenen Maßnahmen in den übrigen Ländern, ist ein weiteres wesentliches Element des Pakets. Es besteht die Hoffnung, dass gewisse Absprachen auch bereits den Zeitraum 2016–2020 betreffen.

2. Resultierendes dynamisches Cap

Aus der Umsetzung der Kopenhagen-Formel resultiert ein dynamisches weltweites Cap (die schwarze Vertragskurve (2)), das temporär noch wachsen kann, parametrisiert anhand der wirtschaftlichen Wachstumsraten der Nicht-Industrieländer.

3. Inhomogener Instrumentensatz auf Regierungsseite

Gemäß Potsdam-Workshop [10] kann für 2020 kein homogenes globales Cap-and-Trade-System erwartet werden. Stattdessen wird ein inhomogener Instrumentensatz auf Seiten der Staaten zur Durchsetzung ihrer Vertragszusagen berücksichtigt, der folgende Punkte umfasst:

- Regionale Cap-and-Trade-Systeme
- Carbon-Tax
- Waldschutz und Aufforstung
- Förderung erneuerbarer Energien
- Durchsetzung von energetischer Sanierung
- Energie-Mix-Vorgaben
- Investitionsförderung im Bereich Sanierung
- Eingriffe im Energiesektor
- Bilanzierung fossiler Energieträger
- Förderung eines klimaorientierten Green-Race auf der Technikseite

4. Erwartetes Absenkvolumen von 500 Milliarden Tonnen

Auf der beschriebenen Basis wird erwartet, dass die Politik über den genannten Weltklimavertrag bis 2050 eine Absenkung der für den „No-contract"-Fall geschätzten 1.600 Mrd. Tonnen Gesamtklimagasemissionen aus fossilen Quellen um etwa 500 Mrd. Tonnen auf dann noch 1.100 Mrd. Tonnen leisten kann gegenüber dem Fall, dass es zu keinem Weltklimavertrag kommt. (Übergang von der „No-contract"-Kurve (1) zur Verhandlungskurve (2) in Abb. 1).

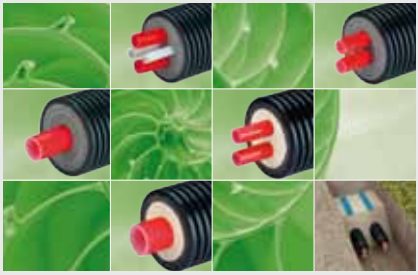
5. Fortführung bewährter Instrumente

Vorgeschlagen und unterstellt wird eine Anpassung und Fortführung der bewährten Instrumente Emission Trading, Joint Implementation und Clean Development Mechanism (CDM) des Kyoto-Vertrags unter den neuen Randbedingungen als Teil des Weltklimavertrags.

www.austroflex.com

Austroflex® Rohr-Isoliersysteme

Flexible, vorisolierte Fernwärmesysteme



Vorisolierte Kunststoff-Rohrsysteme für
- Heizung
- Sanitär
- Thermalwasser

Austroflex Rohr-Isoliersysteme GmbH, Finkensteiner Strasse 7, A-9585 Gödersdorf-Villach
T +43 4257 3345-0 **F** +43 4257 3345-15 **E** office@austroflex.com **W** www.austroflex.com

6. Zentrale Einbindung des Privatsektors

Das nach Regierungshandeln erwartete aufaddierte Volumen an CO_2-Emissionen aus fossilen Quellen von 1.100 Mrd. Tonnen bis 2050 liegt immer noch um etwa 500 Mrd. Tonnen oberhalb des Wertes von etwa 600 Mrd. Tonnen, der aufgrund der WBGU-Budgetgleichung [14] mit der Erreichung des 2-°C-Ziels noch kompatibel wäre. Hier ist in Arbeitsteilung mit der Politik der Privatsektor (Unternehmen, Organisationen, Privatpersonen) massiv gefordert, diese Lücke durch freiwillige Maßnahmen zu schließen.

Die Politik muss hierfür den Rahmen bieten, einerseits durch die beschriebene dynamische Deckelung der Gesamtemissionen auf zunächst etwa 1.100 Mrd. Tonnen, andererseits durch Ermöglichung bzw. Förderung von Aktivitäten des Privatsektors zur Schließung der Restlücke. Das betrifft die steuerliche Behandlung solcher Beiträge als Betriebsausgaben von Unternehmen. Die freiwilligen Beiträge des Privatsektors sind von entscheidender Bedeutung, wenn die 2-°C-Obergrenze noch eingehalten werden soll. Volumenmäßig müssen sie etwa denselben Umfang ausmachen wie der unmittelbare Beitrag der Politik, also etwa 500 Mrd. Tonnen bis zum Jahr 2050. Für den Privatsektor bestehen insbesondere die beiden nachfolgend beschriebenen Ansatzpunkte für entscheidende Beiträge zum Klimaschutz, nämlich „Stilllegung" von Emissionsrechten und „Erzeugung von Negativemissionen".

7. „Stilllegung" durch den Privatsektor

Freiwillige Aufbringung von Finanzmitteln durch den Privatsektor, um in Wechselwirkung mit den Staaten die zulässigen Emissionen weiter abzusenken, z. B. durch Stilllegung von Emissionszertifikaten in einem regionalen Cap-und-Trade-System. Dies ist potenziell möglich und politisch tragbar, solange das abgesenkte Emissionsniveau noch mit weiterem (mäßigen) Wirtschaftswachstum in den OECD-Staaten und raschem, aufholendem Wachstum in den übrigen Staaten verträglich ist.

Wahrscheinlich wird es nicht gelingen, das dafür geschätzte Potenzial von vielleicht 300 Mrd. Tonnen bis 2050 voll auszuschöpfen, da die präzise Fixierung des vorhandenen Potenzials (sogenannte Grenzreduktionskurve) schwierig ist. Denkbar und pragmatisch umsetzbar erscheinen aber etwa 250 Mrd. Tonnen so vermiedene Emissionen bis 2050 (Absenkung der Verhandlungskurve (2) zur (pragmatischen) Grenzreduktionskurve (3) in Abb. 1).

8. „Negativemissionen" durch den Privatsektor

Freiwillige Finanzierung der Erzeugung von Negativemissionen: Durch Negativemissionen wird der Atmosphäre CO_2 entzogen. Dies kann insbesondere über biologische Sequestrierung geschehen (Schließung der Sequestrierungslücke in Abb. 1). Dazu gehören ein wirksamer Waldschutz, Grünland-Management, Management von Feuchtbiotopen und insbesondere internationale Aufforstungsprogramme in den Tropen. Über die Erzeugung von Negativemissionen muss eine Absenkung der Belastung der Atmosphäre im Umfang von etwa 250 Mrd. Tonnen CO_2 bis 2050 geleistet werden, wenn das 2-°C-Ziel noch erreicht werden soll (Übergang von der Grenzreduktionskurve (3) zur 2-°C-Kurve (4) in Abb. 1). Dies ist sehr ambitioniert, aber bei großen Anstrengungen wohl noch machbar. Im Aufforstungsbereich erfordert das Gesagte die Aufforstung von 500 bis 1.000 Mio. Hektar degradierter Böden [16].

9. (Mit-)Finanzierung des Green-Climate-Funds

Weitgehende Finanzierung des Green-Climate-Funds über Leistungen des Privatsektors [1, 3], insbesondere im Kontext „Stilllegung" (vgl. 7); zugleich Förderung sich entwickelnder Staaten im Rahmen von Klimapartnerschaften über die Finanzierung der Erzeugung von Negativemissionen (vgl. 8): Auf diesem Wege wird insbesondere die „Gerechtigkeitslücke" in Klimafragen zwischen Premiumkonsumenten mit Pro-Kopf-Emissionen von weit über 10 Tonnen pro Jahr und den übrigen Bürgern geschlossen [2]. Dies ergänzt die Schließung der Gerechtigkeitslücke im Klimabereich zwischen entwickelten und sich entwickelnden Staaten durch den angestrebten Weltklimavertrag.

10. Propagierung einer Klimaneutralitätsbewegung des Privatsektors

Propagierung einer Klimaneutralitätsbewegung des Privatsektors zur breiten Umsetzung der Mechanismen „Stilllegung" und „Erzeugung von Negativemissionen". Es gibt heute schon eine starke Bewegung in diese Richtung im Kontext von CSR-Maßnahmen und einer Nachhaltigkeitsorientierung von Unternehmen. Dies wird durch das Einkaufsverhalten aufgeklärter Konsumenten im Kontext einer „Moralisierung der Märkte" gefördert [5, 11] (Reputationsthematik).

11. Vorschlag für einen „Global Neutral" der Vereinten Nationen

Es wird angeregt, dass die Vereinten Nationen rasch ein (freiwilliges) „Global Neutral"-Programm analog dem „Global Compact" initiieren. Dieses soll weltweit Unternehmen motivieren, sich nach einem individuellen Fahrplan innerhalb von maximal zehn Jahren klimaneutral zu stellen, freiwillig und über gesetzliche Vorgaben hinaus. Neben der Erhöhung der Energieeffi-

zienz, der Nutzung von grüner Energie und der Änderung von Verhaltensweisen bieten sich hierfür insbesondere die Instrumente „Stilllegung" und „Erzeugung von Negativemissionen" an. Die jährlichen Reduktionsschritte in Richtung Klimaneutralität sollen zumindest linear, möglichst noch größer sein. Dies bedeutet z. B., dass sich die Klimagasemissionen eines sich am „Global Neutral" beteiligenden Unternehmens innerhalb der ersten fünf Jahre mindestens halbieren müssen.

12. Grenzausgleichsabgaben

Festlegung eines Regimes von Grenzausgleichsabgaben auf Importe in Vertragsstaaten des angestrebten Weltklimavertrags aus Staaten, die sich an einem Weltklimavertrag nicht beteiligen, und zwar in einer Weise, die mit den Anforderungen der WTO kompatibel ist [4]: Auf diesem Wege verliert ein „Free-riding" im Klimabereich seinen ökonomischen Reiz. Es ist zu erwarten, dass sich bei Verabredung von Grenzausgleichsabgaben gegen Free-rider fast alle Staaten im Rahmen eines Weltklimaabkommens beteiligen werden. Dies ist auch deshalb wichtig, weil der grenzüberschreitende, durch Handel induzierte, indirekte Austausch von Verantwortlichkeiten in Bezug auf die Erzeugung von Klimagasemissionen ständig an Gewicht und Bedeutung gewinnt [6]. Hinzu kommt, dass auf diesem Weg endlich ein Carbon-Leakage-freies [13] internationales Klimaregime erreicht werden kann.

Umsetzung eines Weltaufforstungsprogrammes

Mit einem Programm für biologische Sequestrierung (Humusbildung, Grünlandmanagement, Management von Feuchtbiotopen) sowie insbesondere mit Weltwaldschutz sowie einem Weltaufforstungsprogramm auf 1,5 Mio. km² bis zum Jahr 2020 und 5–10 Mio. km² bis zum Jahr 2050 könnte die Sequestrierungslücke geschlossen werden (F2 in Abb. 1). Restaurierter Wald kann und soll dabei in einem etwa 40-Jahres-Rhythmus genutzt werden, wobei immer sofort wieder aufgeforstet wird. Die Zeitsituation ist kritisch. Die Weltgemeinschaft hätte vor zehn Jahren die 2-°C-Obergrenze auch noch ohne Weltaufforstungs- und Landschaftsrestaurierungsprogramm erreichen können; in einigen Jahren wird selbst ein entsprechendes Programm auf 10 Mio. km² nur noch dann ausreichen, wenn sehr viel genutztes Holz über die Verarbeitung für Jahrzehnte konserviert wird. 10 Mio. km² sind nach vorliegenden Analysen die Obergrenze an weltweit verfügbaren Flächen, die zur Nutzung für das Programm infrage kommen.

Auf welchen Flächen sollen die großen Aufforstungen erfolgen?

Die Aufforstung soll primär auf Flächen in den sich entwickelnden Ländern erfolgen, die früher abgeholzt wurden, und zwar in solchen Fällen, in denen die Böden heute ausgelaugt sind und eine attraktive, ökologisch tragfähige alternative Nutzung nicht mehr sinnvoll möglich ist. Nach den Untersuchungen des World Resources Institute gibt es etwa 5 bis 10 Mio. km² solcher Flächen weltweit. Die Basis für die angedachten Programme ist also vorhanden.

Wie ist die Nutzungskonkurrenz?

Die betreffenden Flächen sind heute zum Anbau von Nahrungsmitteln und Agro-Treibstoffen nicht geeignet, insofern gibt es kaum direkte Konkurrenz.

Win-Win-Potenziale

Weltweite Waldaufforstung und Landschaftsrestaurierung besitzt eine Vielzahl von Win-Win-Potenzialen, von verbessertem Wasserhaushalt über neu entstehende Infrastruktur, von Arbeitsplätzen über Ernährung, von vielfältigen Werkstoffen und nutzbaren Materialien bis zu einem enormen Volumen an Biomasse und erschließbarer Formen von erneuerbarer Energie.

© newTree

Aufforstungen – hier in Benin – sowie eine nachhaltige Waldbewirtschaftung und Holznutzung leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.

Wird Holz als Rohstoff genutzt, was sehr ist, dann kann das CO_2 der Atmosphäre noch viel länger und in noch größeren Volumina entzogen werden. Hinweis: Es geht, wie beschrieben, bei dem Weltaufforstungs- und Landschaftsrestaurierungsprogramm primär um Zeitgewinn. Das einmalige Entziehen von CO_2 aus der Atmosphäre bleibt bei regelmäßiger Waldnutzung und sofortiger Aufforstung erhalten.

Sind die Kosten tragbar?

Über 35 Jahre geht es (inklusive Waldschutz) um die Stilllegung bzw. Neutralisierung von bis zu 500 Mrd. Tonnen CO_2; also pro Jahr im Mittel um etwa 14 Mrd. Tonnen. Das entspricht pro Jahr etwa zwei Fünfteln der heutigen jährlichen weltweiten CO_2-Emissionen aus fossilen Quellen. Diese übersetzen sich unter Berücksichtigung der aus Aufforstungsprogrammen resultierenden erheblichen zukünftigen Einnahmen in 150 bis 300 Mrd. US-$ pro Jahr als erforderliches Finanzvolumen, das vonseiten des privaten Sektors zur Erreichung von (individueller) Klimaneutralität aufgebracht werden müsste. Wenn nur ungefähr das reichste Prozent der Weltbevölkerung – dies sind 100 Mio. Menschen– je 1.500 bis 3.000 US-$ pro Jahr direkt oder indirekt (über nachgefragte Güter und Dienstleistungen) für Klimaneutralität aufbringen, wäre das benötigte Finanzierungsvolumen bereits erreicht.

Abschluss

Es geht bei dem beschriebenen Weltwaldaufforstungs- und Landschaftsrestaurierungsprogramm nicht um eine Alternative zum Umbau der Industriegesellschaft zu immer mehr „grüner" Energie und zu daran angepassten Lebensstilen. Diese Veränderungen müssen in jedem Fall erfolgen, wenn die 2-°C-Obergrenze erreicht werden soll. Es geht vielmehr darum, in einem Pa-

Wir tun was – seit über sechs Jahren.

Raiffeisen Klimaschutz-Initiative

Verantwortung für die Zukunft.

Die Raiffeisen Klimaschutz-Initiative, Plattform und Impulsgeber der Raiffeisen Organisationen steht für Maßnahmen im Bereich Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Energieeffizienz, erneuerbare Ressourcen und Corporate Responsibility. Die 25 Mitglieder setzen aktiv Initiativen und stehen ihren Kunden für Umweltfinanzierungen mit professionellen Ansprechpartnern und konkreten Lösungen zur Seite.
www.raiffeisen-klimaschutz.at

rallelprozess die erforderliche Zeit zu einer maximalen Ausschöpfung der Möglichkeiten im technisch-organisatorischen Bereich und bezüglich der Lebensstile zu gewinnen, unter dem Motto: „Einmal Klimaschutz ist nicht genug". Als Beispiele für entsprechende Aktivitäten sei darauf verwiesen, dass sich die Allianz Versicherung seit 2012 und die Deutsche Bank seit 2013 vollständig klimaneutral stellen. Als hervorragendes Beispiel für Österreich sei das Klimaneutralitätsbündnis Vorarlberg genannt, bei dem sich dortige Unternehmen in jährlich mindestens linearen Teilschritten bis 2025 vollständig klimaneutral stellen (mehr Informationen unter *claus.steurer@aon.at*).

Ohne die Erschließung eines Zeitgewinns ist die 2-°C-Obergrenze in politisch konsensfähiger Weise nicht mehr erreichbar. Die Zeitnot resultiert daraus, dass die Staaten der Welt schon viel zu lange keine Einigung bezüglich eines tragfähigen Klimavertrags erreicht haben. Klimaneutralität ist der Finanzierungsschlüssel zur Erreichung des beschriebenen Ziels und damit das Gegenteil von „Freikauf", wie Aufforstung manchmal abqualifiziert wird. Beide Handlungsstränge müssen parallel mit höchster Kraft verfolgt werden. Da der Staatengemeinschaft die Zeit unwiederbringlich davonläuft, sind massive Schritte erforderlich. Schon in einigen Jahren wird uns selbst der „Joker Wald" die Chance für die Einhaltung der 2-°C-Obergrenze nicht mehr eröffnen. Wir müssen rasch handeln oder die 2-°C-Obergrenze aufgeben. In diesem Sinne propagieren der Autor und die Senate der Wirtschaft in Deutschland und Österreich den oben beschriebenen „Global Neutral" der Vereinten Nationen in Fortführung des „Global Compact", der Unternehmen welt-

weit motivieren soll, sich freiwillig und über gesetzliche Vorgaben hinaus innerhalb von zehn Jahren in jährlich mindestens linearen Verbesserungsschritten klimaneutral zu stellen. Das Klimaneutralitätsbündnis in Vorarlberg ist Vorbild für diesen Vorschlag.

Danksagung

Ich danke Prof. Klaus Töpfer für die Organisation und Durchführung des Workshops im IASS in Potsdam, Herrn Dr. Karsten Sach für (kritische) Hinweise zum Inhalt des Textes, Herrn Dr. Thomas Bruhn für Hinweise zu Inhalt und Formulierungen, den Teilnehmern des Potsdam-Workshops insgesamt für viele wichtige Inputs und Frau Dr. Estelle Herlyn für die inhaltliche Durchsicht und Überarbeitung des vorliegenden Textes.

Hinweis

Dieser Text baut auf einem Artikel auf, der für eine Journal-Publikation vorgesehen ist. Eine Langvariante ist als FAW/n-Report verfügbar (*www.faw-neu-ulm.de*). Der Text ist eine Fortschreibung eines Papers in GAIA (vgl. [9]) und inkorporiert vielfältige Anregungen aus einem von Prof. Töpfer im IASS-Institut in Potsdam im September 2013 zum Thema durchgeführten Workshop [10]. Eingeflossen sind in diesen Text zudem die Erfahrungen aus dem durch den Senat der Wirtschaft und die World Forest Foundation mit Unterstützung durch das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) am 20. März 2014 in Berlin durchgeführten Entscheiderkongress „Für Wirtschaft und Gesellschaft. Mehr Wert durch mehr Wald".

Literatur

[1] Berliner Appell: Klimaneutral handeln!, 2012: Initiator Horst Emse. www.klimaneutralhandeln.de.

[2] Chakravarty, S.; Chikkatur, A.; de Coninck, H.; Pacala, S.; Socolow, R.; Tavoni, M., 2009: Sharing global CO_2 emission reductions among one billion high emitters. PNAS Published online before print. doi:10.1073/pnas.0905232106; PNAS July 21, 2009 vol. 106 no. 29 11884-118882009.

[3] Hölscher, L.; Radermacher, F. J. (Hrsg.), 2012: Klimaneutralität – Hessen geht voran. Springer Vieweg / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

[4] Leidwein, A., 2005: Die Umwelt im WTO-Recht. Grundlagen, Judikatur und politischer Handlungsspielraum. Agrarische Rundschau 4, 10-27, 2005

[5] Meffert, H.; Kenning, P.; Kirchgeorg, M. (Hrsg.), 2014: Sustainable Marketing Management, erscheint im Springerverlag.

[6] Peters, G., Minx, J., Weber, Ch., Edenhofer, O.: Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008, http://www.pnas.org/content/108/21/8903.

[7] Radermacher, F. J.: Weltklimapolitik nach Kopenhagen – Umsetzung der neuen Potenziale. FAW/n-Report, Ulm, 2010.

[8] Radermacher, F. J.; Beyers, B., 2011: Welt mit Zukunft – Die Ökosoziale Perspektive, Murmann Verlag, Hamburg.

[9] Radermacher, F. J., 2013: „Klimapolitik nach Doha – Hindernisse in Lösungen verwandeln", in: GAIA 22/2, 2013: 87–92.

[10] Radermacher, F. J.: Kann die 2-Grad-Obergrenze noch eingehalten werden? Ansätze für einen neuen Klimavertrag (Langfassung). FAW/n-Bericht, Ulm, 2014

[11] Stehr, N., Adolf, M., 2014: Sozio-ökonomischer Wandel: Der Konsum der Verbraucher, erscheint in: Meffert, H., Kenning, P., Kirchgeorg, M: Sustainable Marketing Management, Springerverlag.

[12] Töpfer, K., 2012: Klima als globale Herausforderung - CO_2-neutrale Landesverwaltung Hessen: Ein spannendes und wichtiges Projekt, in: Hölscher, L.; Radermacher F. J. (Hrsg.), 2012: Klimaneutralität – Hessen geht voran. Springer Vieweg / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Seite 21–26.

[13] Umweltbundesamt, Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt), Carbon Leakage: Die Verlagerung von Produktion und Emissionen als Herausforderung für den Emissionshandel?, im Internet unter: www.umweltbundesamt.de/emissionshandel.

[14] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2009): Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz, Sondergutachten.

[15] World carbon dioxide emissions by region, Reference case, 2009-2040, www.eia.gov/forecasts/ieo/ sowie www.eia.gov/oiaf/aeo/tablebrowser/#release=IEO2013&subject=0-IEO2013&table=10-IEO2013&region=0-0&cases=Reference-d041117.

[16] World Resources Institute, 2010: Global Map of Forest Landscape Restoration Opportunities, im Internet unter: http://www.wri.org/map/global-map-forest-landsape-restorationopportunities, Washington DC.

Prof. Dr. Dr. Franz Josef Radermacher
Vorstand des Forschungsinstituts für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW/n), zugleich Professor für Informatik, Universität Ulm,
franz-josef.radermacher@uni-ulm.de

Der CO_2 Footprint öffnet die Augen:

Kein Wald bindet so viel CO_2 wie ein bewirtschafteter Wald.

Informieren Sie sich
und staunen Sie:

holzistgenial.at

Manfred J. Lexer

5 Grad plus? Auswirkungen auf die Forstwirtschaft

Beobachtungen und Klimafolgen-Studien haben in den vergangenen zehn bis 15 Jahren gezeigt, dass Waldökosysteme von einer Klimaveränderung besonders betroffen sein werden. Immer mehr Praktiker stehen konkret vor der Frage, wie sie sich in der Waldbewirtschaftung auf diese Änderungen einstellen können. Drastische Umweltveränderungen in nur wenigen Jahrzehnten, wie sie vom UNO-Weltklimarat IPCC für „sehr wahrscheinlich" gehalten werden, machen eine „nahtlose" natürliche Anpassung über genetische Prozesse oder der Migration von Baumarten zumindest für einen Teil der Waldfläche de facto unmöglich. Bildlich ausgedrückt wird ein Keimling von heute im Baumholzstadium deutlich geänderte Umweltbedingungen vorfinden.

Der aktuelle Bericht des Weltklimarates (IPCC) bestätigt im Wesentlichen die Erkenntnisse des vorangegangenen Reports. Für Österreich ist ein weiterer Temperaturanstieg zu erwarten. Dieser wird in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts sehr wahrscheinlich etwa +1 °C bis +2 °C betragen. Die Temperaturentwicklung danach wird sehr stark durch die in den kommenden Jahren vom Menschen verursachten Treibhausgas-Emissionen bestimmt. Die Bandbreite der verfügbaren Klimasimulationen reicht von 2,5 °C bis zu 6 °C Erwärmung und repräsentiert die Unsicherheit aufgrund von zukünftigen Emissionen und unterschiedlicher Klimamodelle.

In Bezug auf Niederschläge ist eine Zunahme im Winterhalbjahr und eine Abnahme im Sommerhalbjahr zu erwarten. Im Jahresdurchschnitt zeichnet sich kein deutlicher Trend ab.

Das vermehrte Auftreten von Extremereignissen ist wahrscheinlich. Im Laufe des 21. Jahrhunderts wird vermutlich die Anzahl der heißen Tage zunehmen. Ebenso werden wahrscheinlich vermehrt starke und extreme Niederschläge auftreten. Der Wissensstand in Bezug auf Stürme ist mit hohen Unsicherheiten behaftet, insbesondere für lokale Gewitterstürme und Föhnlagen gibt es keine detaillierten Studien für Österreich. Stürme im Zusammenhang mit Atlantikfronten könnten intensiver werden, die Sturmbahnen könnten jedoch auch nach Norden verschoben werden.

Waldökosysteme sind von derartigen klimatischen Veränderungen besonders betroffen. Während landwirtschaftliche Produktionssysteme rasch genug angepasst werden könnten, ist dies in der Waldbewirtschaftung unmöglich. Hauptgründe dafür sind die Geschwindigkeit, mit welcher die prognostizierte Klimaänderung voranschreiten könnte und die meist lange Vorlaufzeit von Waldbaumaßnahmen bis zum Wirksamwerden.

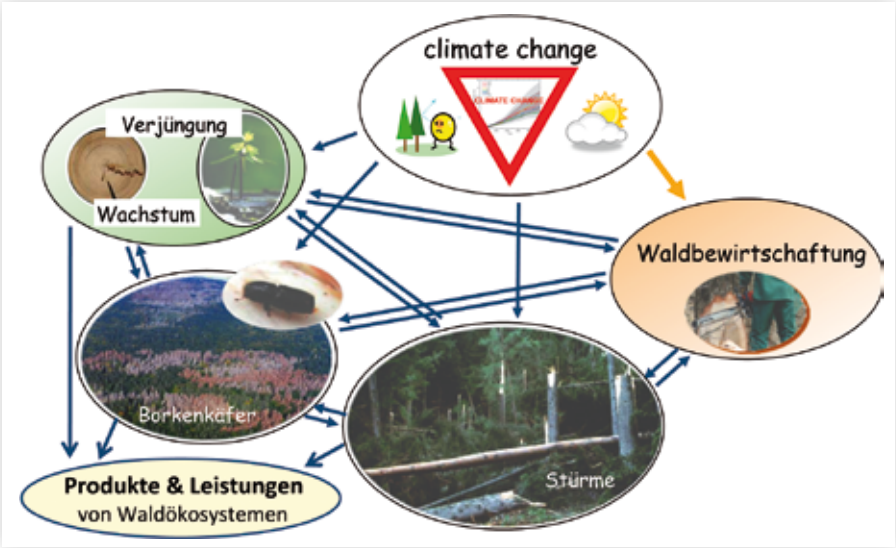
Größere Sturm- und Käferschäden zu erwarten

In Abb. 1 sind die vielfältigen Wirkungszusammenhänge von Baumwachstum, Verjüngung und Mortalität in Abhängigkeit von Waldbaumaßnahmen und Klima dargestellt. Insbesondere die sich selbstver-

stärkenden Interaktionen mit Störungsfaktoren sind unter Klimawandelbedingungen bedeutsam. Zu den wichtigsten Störungsfaktoren in Waldökosystemen im Ostalpenraum zählen Sturm und Borkenkäfer. In Österreich werden nach langjährigen Statistiken jedes Jahr zwischen 0,5 bis 2,5 Mio. Festmeter (fm) Holz wegen Borkenkäferbefall und zwischen 1 bis 2,5 Mio. fm aufgrund von Sturm- und Schneebruchereignissen erzwungenermaßen geerntet. In der Periode von 2004 bis 2012 beliefen sich die Schäden aufgrund von Borkenkäferbefall auf 10 % bis 20 % der jährlich genutzten Gesamtmenge an Holz aus österreichischen Wäldern, die Sturmschäden betrugen nochmals 5 % bis 55 %. Dies bedeutete in einzelnen Jahren, dass österreichweit über 60 % der Holzmenge ungeplant geerntet wurde. Einzelne Waldbesitzer und Forstbetriebe mussten wegen solcherart erzwungener Holzernten teilweise das Vielfache eines Jahreseinschlags nutzen. Bei beiden Störungsfaktoren wird davon ausgegangen, dass sie unter Klimawandelbedingungen in Zukunft wahrscheinlich häufiger und intensiver auftreten werden. Während die Auswirkungen von Störungen auf die Biodiversität sehr komplex sein können, ist davon auszugehen, dass für die Holzproduktion, den Schutz vor Naturgefahren, wie Steinschlag, Lawinen, Hangrutschungen, Erosion und Vermurung, sowie die Kohlenstoffspeicherung im Wald ein intensiviertes Störungsregime negative Auswirkungen haben wird.

Wie gut vertragen Baumarten den Klimawandel?

Waldbaumaßnahmen reagieren auf Störungen und veränderte Ökosystemprozesse, oder werden dazu eingesetzt, um die Waldentwicklung im Sinne der geforderten Ökosystemleistungen proaktiv zu steuern. Bei diesem proaktiven Ansatz ist das vorhandene Wissen über Klimaänderungsentwicklungen bestmöglich zu berücksichtigen. Von besonderer Bedeutung im Waldbau ist die Einschätzung der Baumarteneignung. Am Waldbauinsti- tut der Universität für



Quelle: Boku

Abb. 1: Wirkungszusammenhänge von Waldökosystemprozessen (Verjüngung, Wachstum, Baummortalität), Waldbaumaßnahmen sowie Produkten und Ökosystemleistungen unter Klimawandelbedingungen (Details siehe Text).

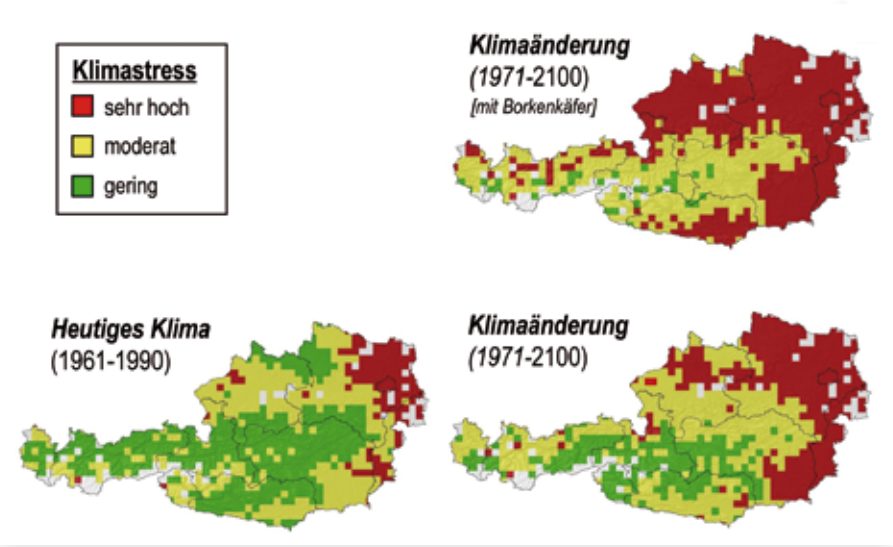
Bodenkultur Wien wurde für Österreich zur Identifizierung von „Hotspots" die physiologische Nische von Hauptbaumarten modellhaft anhand des Zusammenwirkens von Temperaturregime (Temperatursummen, Winterfrost, Sommerhitze), dem Sättigungsdefizit der Atmosphäre sowie der Wasserversorgung (Indikatoren für die Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode, Sommertrockenheit) beschrieben und das Auftreten von Klimastress unter heutigem Klima und einem Klimaänderungsszenario simuliert.

Fichte verliert große Gebiete

Abb. 2 zeigt exemplarisch für die Fichte die erwartete Entwicklung am Ende des 21. Jahrhunderts. In wärmerem und trockenerem Klima leidet die in Mitteleuropa von Natur aus auf montane bis subalpine oder inneralpine Lagen beschränkte Fichte zunehmend und häufiger unter periodischem Trockenstress. Unter Klimawandelbedingungen (für Details siehe Bildunterschrift Abb. 2) werden große Gebiete Nieder- und Oberösterreichs sowie der Steiermark und des Burgenlandes für die Fichte ungeeignet, wobei diese Verengung der Nische noch durch ein in wärmerem Klima öfter zu erwartendes Massenauftreten des Borkenkäfers *Ips typographus* (Buchdrucker) verstärkt wird. Gebiete in denen die Fichte geringem Klimastress ausgesetzt ist reduzieren sich unter den angenommenen Szenariobedingungen auf höher gelegene Berglagen.

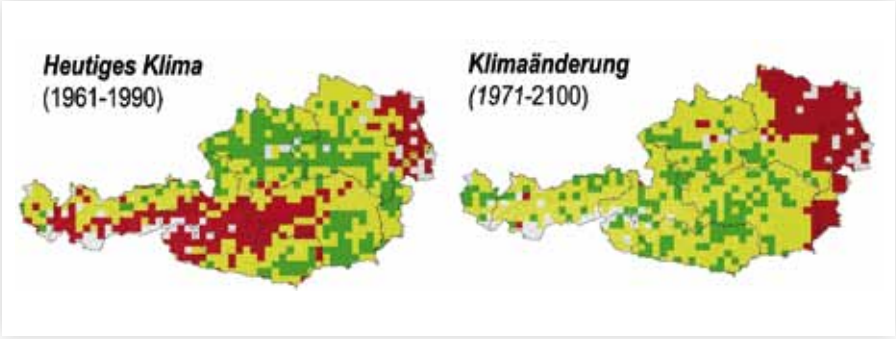
Buche kann zulegen

Für die Buche hätte eine deutliche Erwärmung zur Folge, dass diese Baumart in den Gebirgslagen des gesamten Ostalpenraumes vermehrt Standorte mit geeigneten klimatischen Bedingungen vorfindet und nur mehr in Hochlagen durch Kälte limitiert wird (s. Abb. 3). Sollten jedoch Trocken-



Quelle: Boku

Abb. 2: Modellierter Klimastress für die Fichte basierend auf dem Konzept der physiologischen Nische. Datenbasis: Standortdaten der Österreichischen Waldinventur (ohne Schutzwald außer Ertrag). Links unten: Heutiges Klima repräsentiert durch die Messperiode 1961–1990; rechts unten: Klimaänderungsszenario A1B am Ende des 21. Jh. (Temperatur: bis + 4.5 °C, Niederschlag: bis –35 % im Sommerhalbjahr); rechts oben: Klimaänderungsszenario A1B, physiologische Nische plus Berücksichtigung der potenziellen Generationen des Fichtenborkenkäfers Ips typographus.



Quelle: Boku

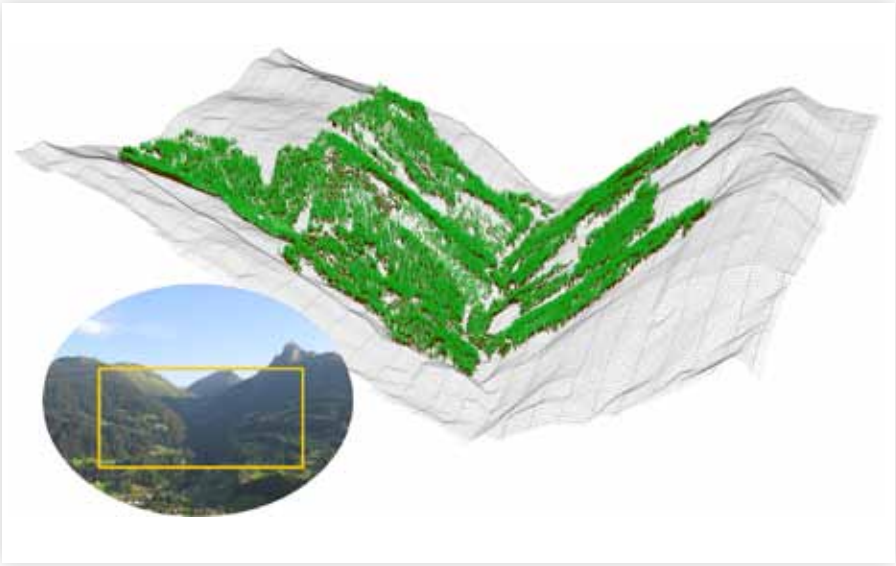
Abb. 3: Modellierter Klimastress für Buche basierend auf dem Konzept der physiologischen Nische. Datenbasis: Standortsdaten der Österreichischen Waldinventur (ohne Schutzwald außer Ertrag). Links: Heutiges Klima repräsentiert durch die Messperiode 1961–1990; rechts: Klimaänderungsszenario A1B am Ende des 21. Jh. (Temperatur: bis + 4.5 °C, Niederschlag: bis –35 % im Sommerhalbjahr). Rot = hoher Klimastress, gelb = mäßiger Klimastress, grün = geringer Klimastress.

perioden häufiger und intensiver werden, würde dies auch zu einer starken Zunahme der durch Trockenstress belasteten Gebiete vor allem im Waldviertel sowie entlang des Alpen-Ostrandes bis ins südliche Burgenland führen. In Summe aber wird die Buche das für sie potenziell besiedelbare Areal in Österreich als Folge der Klimaänderung ausdehnen können.

Eine schlechtere Angepasstheit der Baumarten ausgelöst durch klimatische Änderungen könnte in manchen Bereichen zu einer Destabilisierung der Schutzwälder beitragen. Dieser Prozess kann durch verjüngungshemmende Verbissbelastung durch Schalenwild weiter verschärft werden. Bedeutend sind in diesem Zusammenhang vor allem biotische Störfaktoren wie Borkenkäfer, welche unter Klimaänderung auch in den montanen und subalpinen Bereichen zunehmend zu Schäden führen könnten (s. Abb. 2 am Beispiel des Fichtenborkenkäfers). Da in schwierigen Schutzwaldlagen herkömmliche Forstschutzroutinen zusätzlich erschwert sind, stellen solche potenziellen klimainduzierten Veränderungen eine große Herausforderung für die nachhaltige Bereitstellung von Waldfunktionen (z. B. Schutz vor Naturgefahren) dar.

© Archiv ÖBMV

Mit dem Voranschreiten des Klimawandels verschlechtern sich die Wuchsbedingungen für die Fichte auf vielen Standorten.



Quelle: Boku

Abb. 4: Digitale Abbildung eines Einzugsgebietes im Montafon, wie sie für die Analyse mit Waldökosystemmodellen verwendet wird. Datenquellen: Betriebsinventuren, LiDAR.

Beispiel Bergwaldbewirtschaftung

Im EU-finanzierten und vom Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur Wien koordinierten Forschungsprojekt ARANGE (*www.arange-project.eu*) werden Waldbaukonzepte für Bergwälder in Europa dahingehend untersucht, inwieweit unter Klimawandelbedingungen die von Eigentümern und anderen Anspruchsgruppen geforderten Waldleistungen sichergestellt werden können. Anhand eines Beispiels aus dem Montafon (Vorarlberg) wird nachfolgend kurz dargestellt, wie sich ein Klimawandel auf Holzproduktion und Schutz vor Hangrutschung und Erosion auswirken könnte, wenn die derzeitige Bewirtschaftungsweise in Zukunft weiterhin angewendet wird. Abb. 4 zeigt ein Einzugsgebiet im Montafon, wie es in ARANGE für die Computersimulation digital abgebildet wird.

Das Bewirtschaftungskonzept baut auf unregelmäßigen gruppengroßen und schlitzartigen Nutzungseingriffen entlang von Seiltrassen mit bis zu 1.200 Meter Tragseillänge auf. Das Waldbaukonzept setzt ausschließlich auf Naturverjüngung. Der Verbissdruck durch Gams, Rot- und Rehwild ist beträchtlich. Mit dem Waldökosystemmodell PICUS wurde die Waldentwicklung unter aktuellem Klima und unter fünf Klimawandelszenarien simuliert und mittels Indikatoren beurteilt, wie sich Holzproduktion und Schutzwirkung entwickeln.

Holzproduktion und Schutzwirkung leiden unter zunehmenden Störungen

Aufgrund der niedrigen Nutzungsintensität nehmen unter den aktuellen Klimabedingungen die Vorräte weiter zu. Unter vier von fünf Klimawandelszenarien (Temperaturzunahme 2,6 °C bis 6 °C, Sommerniederschläge um bis zu 30 % reduziert) kommt es hingegen zu Vorratsabbau wegen teilweise stark zunehmender Borkenkäferschäden. Zwar erhöhen sich auch die periodischen Zuwächse infolge günstigerer Temperaturbedingungen, die Mehrzuwächse können

jedoch die Abgänge durch Käferbefall nicht ausgleichen. Die Schutzwirksamkeit in Bezug auf Hangrutschung nimmt eine besonders interessante Entwicklung.

Während unter aktuellem Klima die Schutzwirksamkeit wegen Zuwachsen von offenen Flächen im Laufe der nächsten Jahrzehnte auf der Fläche ansteigt (Flächenanteil mit guter Schutzwirksamkeit nimmt von 10 % auf 57 % zu), wirken sich drei der fünf analysierten Klimawandelszenarien im Vergleich mit der Entwicklung unter aktuellem Klima negativ auf die Entwicklung der Schutzwirksamkeit aus. Eines der Klimawandelszenarien führt hingegen sogar zu einer günstigeren Entwicklung.

Waldbauoptionen im Klimawandel

Um Klimawandeleffekte abzumildern oder im günstigen Fällen auch auszugleichen, empfehlen sich zwei grundsätzliche Strategien:

a. die Förderung der Anpassungsfähigkeit von Waldbeständen und
b. die Erhöhung der Stabilität gegenüber Störungen.

Die Anpassungsfähigkeit kann verbessert werden durch vorausschauende Baumartenwahl und Förderung von Mischbeständen (unter anderem durch gezielte Mischwuchsregulierung in Jungwuchsflächen und Reduzierung des Verbissdrucks). Die Widerstandskraft von Beständen kann wiederum durch die Baumartenwahl und durch konsequente und zielgerichtete Durchforstungskonzepte positiv beeinflusst werden. Bei Pflegeeingriffen sollten auch die unter Umständen deutlich höheren Zuwachsraten infolge stärkerer oder häufigerer Eingriffe berücksichtigt werden.

Fazit

Anpassungsstrategien im Forstsektor werden sowohl die aktive Anpassung von Wäldern durch Waldbaumaßnahmen als auch die Anpassung der Bewirtschafter (z. B. hohe Volatilität von Holzpreisen durch häufige überregionale Kalamitäten, geringere Planbarkeit von Nutzungsmaßnahmen, geänderte Abfuhrmöglichkeiten im Winterhalbjahr) und der Gesellschaft (z. B. vermehrt notwendige teure technische Schutzmaßnahmen im Schutzwaldbereich) an die nicht mehr verhinderbaren Konsequenzen einer Klimaänderung umfassen.

Ao. Univ.-Prof. Dr. Manfred Lexer
Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, mj.lexer@boku.ac.at

Neuer Falter: Holz-Strom

Der Falter „Holz-Strom" bietet umfassende Informationen zum Thema Ökostrom und zur Stromproduktion aus Holz. Zahlreiche farbige Grafiken informieren über die Technologien der Stromerzeugung aus fester Biomasse, die Energie- und Ökostromkosten für Haushalte und die gesamtgesellschaftlichen Kosten der Stromerzeugung aus konventionellen und erneuerbaren Energieträgern.

Noch immer wird ein Drittel des österreichischen Stroms aus den fossilen Klimakillern Erdgas, Kohle oder Erdöl erzeugt. Dabei befindet sich Österreich aufgrund seiner geografischen Voraussetzungen in einer besonders günstigen Situation für eine 100-prozentige Versorgung mit Grünstrom. Gerade Biomasse eignet sich hervorragend, um die Schwankungen des tages- bzw. wetterabhängigen Stroms aus Sonne oder Wind auszugleichen.

Der Falter Holz-Strom des Österreichischen Biomasse-Verbandes kann über den Webshop *www.biomasseverband.at/shop* oder per E-Mail (*office@biomasseverband.at)* bestellt werden. Eine digitale Version steht zum Download auf der Homepage des ÖBMV bereit: *www.biomasseverband.at/publikationen/falter*

ÖSTERREICHISCHER
BIOMASSE-VERBAND

Österreichischer Biomasse-Verband
Franz Josefs-Kai 13, 1010 Wien
Telefon +43 1 533 07 97
office@biomasseverband.at
www.biomasseverband.at

PEFC zertifiziert
Dieses Produkt stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen
www.pefc.at
PEFC
PEFC/06-39-03

Impressum: Herausgeber, Eigentümer und Verleger: Österreichischer Biomasse-Verband; Inhalt: Autoren der Beiträge; Redaktion: DI Christoph Pfemeter, Forstassessor Peter Liptay; Grafik & Design: Wolfgang Krasny und Forstassessor Peter Liptay; Bild Titelseite: Krasny; Druck: Druckerei Janetschek GmbH, Brunfeldstraße 2, 3860 Heidenreichstein; Auflage: 10.000 Stück; Erscheinungstermin: 06/2014.
Der Inhalt der Broschüre wurde mit größter Sorgfalt erstellt, für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen. Eine detaillierte Quellenangabe zu den Beiträgen kann von den Autoren angefordert werden.

Aktuelle Publikationen

Unsere Falter und Broschüren können Sie in unserem Webshop auf www.biomasseverband.at, per Mail unter office@biomasseverband.at oder per Telefon 01/533 07 97-13 bestellen.

GZ 02Z032170S Ökoenergie 95A/ Verlagspostamt 1010 Wien, Österreichische Post AG/Sponsoring Post