

# Einfluss einer Klimaänderung auf die Vegetation und deren wechselseitige Abhängigkeiten

Projektarbeit im  
Mathematik-Leistungskurs

Johanneum Lübeck

**David Siebler**  
**Lennart Spitzner**  
**Jasper Rieser**

Lübeck, Juni 2007

# Inhaltsverzeichnis

A.	Einleitung.....	2
I.1	Der Kohlenstoffkreislauf.....	3
I.2	C3- und C4-Pflanzen.....	4
I.3	Politische Ansätze.....	5
I.4	Pflanzen und Methan .....	6
II.1	Biotische und Abiotische Faktoren.....	6
II.2	Toleranz von Pflanzen .....	6
II.3.	Auswirkungen auf die Vegetation der Ozeane.....	7
II.4.	Auswirkungen auf die Landwirtschaft.....	7
III.1	Der Schweizer Wald – ein Sektor mit Zukunft? .....	9
III.2	Holzenergie – Klimaschutz durch Rodung? .....	10
III.3	Der Schweizer Wald – Verlierer oder Gewinner des Klimawandels? .....	10
IV.	Quellenhinweise.....	12

## **A. Einleitung**

Zwar mag – oder besser sollte – auch der Klimawandel Einfluss auf die Entscheidungen von Politik und Wirtschaft haben, jedoch ist es vorrangig der Mensch, welcher in jüngster Zeit Einfluss auf das Klima nimmt, und nicht umgekehrt. Bei Klima und Vegetation ist dies anders.

Unsere Ökosysteme, ob sie nun natürlich belassen oder naturnah gestaltet sind, haben nicht nur die Funktion eines Erholungsgebiets oder Rohstofflieferanten für uns, sondern haben auch durch wichtige Wechselwirkungen Einfluss auf das Klima. Diese Wechselwirkungen sind durch biochemische und physikalische Rückkopplungen begründet. Denn Ökosysteme werden durch atmosphärische Eigenschaften wie Temperatur, Niederschlag oder chemische Zusammensetzung beeinflusst, und gleichzeitig hat jenes Ökosystem Auswirkung auf die Atmosphäre selbst.

Folglich ist eine weit reichende, wechselseitige Beeinflussung eine der grundlegendsten Eigenschaften des Zusammenspiels Vegetation und Klima. Geht man von einem Klimawandel aus, ist von Auswirkungen auf die Vegetation auszugehen. Jedoch müssen auch fortlaufend die Rückwirkungen der Vegetation auf das Klima beachtet werden. Zur Erörterung der Zusammenhänge ist es jedoch angebracht, die Beeinflussungen teilweise separat zu betrachten:

(I) Beginnend mit dem Modell des Kohlenstoffkreislaufes sollen die Auswirkungen von Pflanzen auf das Klima aufgezeigt werden. Dreh- und Angelpunkt ist dabei das Treibhausgas CO<sub>2</sub>. Berücksichtigt werden sollen dabei auch zwei grundlegende Pflanzentypen, nämlich die C3- und die C4-Pflanzen. Miteingeflossene neueste Forschungsergebnisse bezüglich des Treibhausgases Methan können hier lediglich die Komplexität und Vielschichtigkeit der Thematik verdeutlichen.

(II) Anschließend werden Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzen und Vegetationszonen beleuchtet, Hauptaugenmerk wird dabei auf landwirtschaftliche Pflanzen, wie Weizen oder Kartoffeln, gelegt. Leitfrage ist hierbei immer, inwieweit Pflanzen in der Lage sind, sich klimatischen Veränderungen optimal anzupassen, also gewissermaßen wie „tolerant“ sie sind.

(III) Abschließend sollen noch die wirtschaftlichen Folgen eines durch den Klimawandel verursachten „Vegetationswandels“ erörtert werden. Dies geschieht am Beispiel der Schweizer Forstwirtschaft, wobei auch das Konzept einer klimafreundlichen Holzenergienutzung angesprochen wird.



Der Teil des Kohlenstoffs, der nicht wieder in die Atmosphäre gelangt, wird als so genannter „langlebiger Kohlenstoff“ in Form von Holzkohle oder schwerlöslichem Humus umgesetzt.

Die Dicke der Humusschicht variiert je nach Klimazone, denn sie geht Hand in Hand mit der Geschwindigkeit der Photosynthese und der organischen Zersetzung und damit mit dem Umsatz von  $\text{CO}_2$  und Mineralstoffen.

In tropischen Wäldern ist eine Humusschicht kaum zu finden, da die hohen Temperaturen und die reichliche Wasserzufuhr sowie das Ausbleiben von Jahreszeiten einen schnellen Umsatz von Biomasse ermöglichen.

In borealen Nadelwäldern findet man eine deutlich dickere Humusschicht, da abgestorbene Biomasse durch geringe Temperaturen nur langsam zersetzt werden kann.

In vielen Wäldern der gemäßigten und nördlichen Breiten ist mehr Kohlenstoff in Form von zersetzter Biomasse im Boden gebunden als in der Vegetation darüber.

## **1.2 C3- und C4-Pflanzen**

Die atmosphärische  $\text{CO}_2$ -Konzentration beeinflusst die Biosphäre stark, sodass es zu einem geförderten oder verminderten Pflanzenwachstum kommen kann. Bei einem geförderten Pflanzenwachstum spricht man von  $\text{CO}_2$ -Düngung; dies ist in der Landwirtschaft vor allem in Gewächshäusern zu beobachten, in denen z.B. Tomaten künstlich begast werden. Das vermehrte  $\text{CO}_2$  hat unterschiedlich starke Auswirkungen auf die Pflanzen, welche man nach der  $\text{CO}_2$ -Verwertung in 2 große Gruppen einteilt: Die C3- und C4-Pflanzen.

Die C3-Pflanzen machen den Hauptteil der Vegetation in feuchten und kühlen Regionen aus; zu ihnen gehören alle Bäume und Anbaufrüchte wie Weizen, Reis, Gerste, Maniok und Kartoffeln.

Diese Pflanzen setzen im Rahmen der Photosynthese das Kohlendioxid in eine Verbindung mit 3-C-Atomen um, daher der Name.

Der Unterschied zu den C4-Pflanzen liegt auf der Hand: Diese bauen eine C4-Verbindung auf. Da diese Pflanzen ihre  $\text{CO}_2$ -Konzentration um ein Vielfaches über das Niveau der Umgebung setzen können, nehmen sie weniger und schneller Kohlenstoff auf als die C3-Pflanzen. Ihre Blattöffnungen sind daher kürzer geöffnet, was zu einer geringeren Wasserabgabe führt. Allerdings benötigen diese Pflanzen mehr eingestrahlte Energie..

Daher gehören zu dieser Pflanzengruppe tropische Gräser und Büsche der Trockengebiete. Die landwirtschaftlich genutzten Pflanzen sind Mais, Zuckerrohr und Hirse.

Ein Untergruppe der C4-Pflanzen sind die CAM (Crassulacean acid metabolism)-Pflanzen. Sie haben die Möglichkeit, zusätzlich das  $\text{CO}_2$  über einen halben Tag zu speichern. Somit sind sie in der Lage, nachts das  $\text{CO}_2$  aufzunehmen und am Tage die Photosynthese durchzuführen. Somit können z.B. Kakteen oder die Ananas die Verdunstung weiter herabsetzen, da die Spaltöffnungen der Pflanzen sowohl für die Aufnahme von  $\text{CO}_2$  als auch für die Verdunstung von Wasser verantwortlich sind.

Abb.2 zeigt das Verhalten von C3- und C4-Pflanzen bei einer erhöhten Zufuhr von Kohlendioxid. Zu erkennen ist, dass die C3-Pflanzen deutlich auf die Düngung reagieren und ihre Photosyntheseleistung erhöhen. Die C4-Pflanzen werden kaum beeinflusst, da ihre  $\text{CO}_2$ -Aufnahme auch unter normalen Verhältnisse optimal verläuft. Allerdings könnte durch die geringere Spaltöffnungszeit die Verdunstung weiter verringert werden, was zu einem erhöhten Wachstum führen kann, denn die Wasserausnutzung verlief besser.

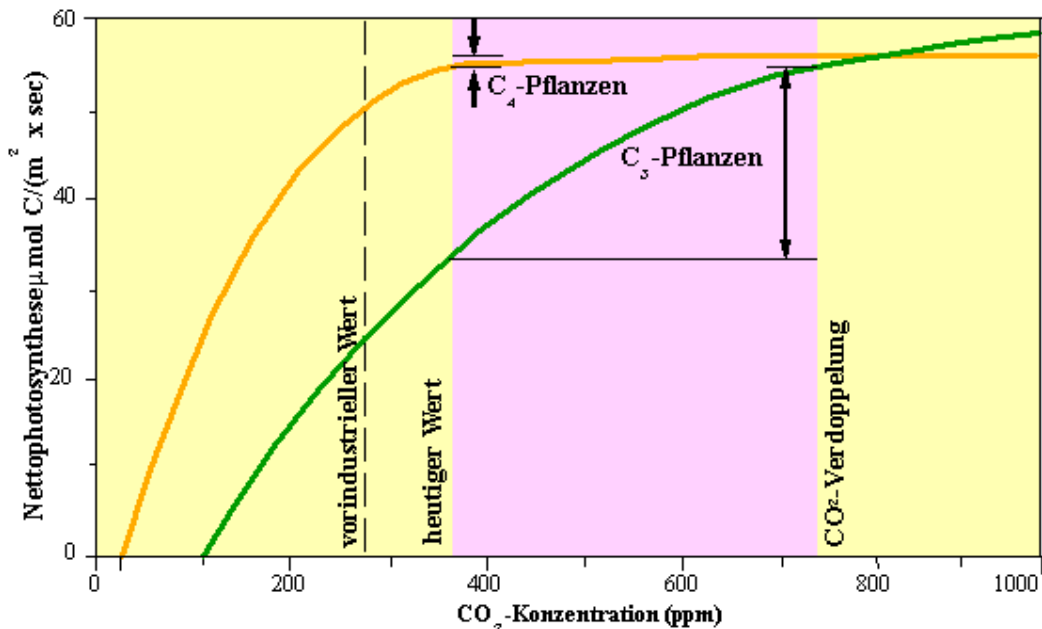


Abb.2: Die Reaktion von C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen auf eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre. Die Pfeile zeigen den potentiellen Photosynthese-Gewinn bei einer Verdopplung der CO<sub>2</sub>-Konzentration.

Quelle: Hamburger Bildungsserver:

<http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/oekosysteme/oeko-1.html>

### 1.3 Politische Ansätze

Wenn in der Biosphäre mehr Kohlenstoff eingelagert als durch Zersetzung freigesetzt wird, so spricht man von einer CO<sub>2</sub>-Senke, denn der Atmosphäre wird dieses Gas entzogen. Wenn der umgekehrte Fall eintritt, so ist die Region als eine Quelle von CO<sub>2</sub> zu bezeichnen.

An dieser Stelle ist es zweckmäßig, politische Ansätze zur Schaffung von CO<sub>2</sub>-Senken durch die Neupflanzung von Wäldern kurz zu umreißen und deren Problematik zu erörtern:

Innerhalb Europas erstellt die EU Richtlinien für die CO<sub>2</sub>-Emission der Mitgliedsländer. Eine dieser Richtlinien sieht vor, dass ein Land, das neue, junge Wälder anlegt, einen gewissen Mehr-Ausstoß an CO<sub>2</sub> haben darf. Wenn nun aber, wie häufig in der Praxis anzutreffen, ein alter Wald gerodet wird und der neue als Neupflanzung gewertet wird, dann ist dieses kaum sinnvoll. Der junge Wald kann in den ersten Jahrzehnten nicht annähernd so viel Kohlenstoff binden, wie der alte Wald. Hinzu kommt die Schicht mit abgestorbenem organischem Material, welches langsam (über 10-20 Jahre hinweg) zerfällt. Somit ist bei einem solchen neuen Wald die CO<sub>2</sub>-Bilanz positiv, d.h. es wird aus dem Boden mehr Kohlenstoffdioxid freigesetzt als die darüber liegende Vegetation aufnehmen kann. Das Gebiet ist dadurch eine CO<sub>2</sub>-Quelle und keine Senke. Ein alter Wald kann durch die Humusschicht und die hohe Dichte des Bewuchses sowie durch die bloße Masse der Bäume hohen Alters deutlich mehr Kohlenstoff binden.

## ***1.4 Pflanzen und Methan***

Wie von Frank Keppler vom Max Planck Institut für nukleare Physik in Heidelberg vor kurzem ermittelt wurde, produzieren auch Pflanzen Methan, das in gleicher Menge einen viel größeren [negativen] Einfluss auf das Klima hätte als CO<sub>2</sub>. Wegen der heftigen Resonanz hat Keppler bereits kurz nach seiner Entdeckung einen Text ("Global warming - the blame is not with the plants", Keppler, 2006) veröffentlicht, in dem er klar stellt, dass der Anteil an Methan, der produziert wird, sehr niedrig ist, sonst wäre es auch schon früher aufgefallen, sodass Pflanzen unter dem Strich auch unter Einbeziehung der neuen Erkenntnisse weiterhin deutlich gegen den Treibhauseffekt wirken. Der Verzicht auf Aufforstungsprojekte lässt sich also auf diese Weise nicht begründen oder rechtfertigen. Aufschlussreich wären sicherlich auch genauere Untersuchungen, inwiefern die Veränderung der Produktion von Methan in Abhängigkeit von anderen Faktoren, wie der Temperatur oder dem CO<sub>2</sub>-Gehalt, steht.

## ***II.1 Biotische und Abiotische Faktoren***

Um die komplexen Auswirkungen einer Klimaerwärmung, im extremsten Fall die gesamte Verschiebung von Klimazonen, untersuchen zu können, muss man zuerst verstehen, wie die einzelnen Pflanzen auf eine Änderung reagieren. Die Umgebung, die auf eine Pflanze Einfluss hat, wird durch eine Gruppe von Standortfaktoren definiert; diese gliedern sich in abiotische und biotische Faktoren. Wenn sich das Klima ändert, dann sind es zunächst die abiotischen Faktoren wie Temperatur, Wassermenge, Licht (und Winde), die sich verändern. Wenn sich dadurch allerdings auch die Vegetation verändert hat, dann ändern sich langfristig auch die biotischen Faktoren. Zum Beispiel werden bei höherer Temperatur Laubwälder durch besser geeignete Palmenwälder verdrängt.

## ***II.2 Toleranz von Pflanzen***

Alle Pflanzen haben bestimmte Faktoren, unter denen sie besonders gut leben, und einen Bereich, den sie darüber hinaus noch vertragen; diesen Bereich nennt man den Toleranzbereich einer Pflanze. Manche Pflanzen haben große Toleranzbereiche, sie sind weit verbreitet, andere haben sich auf einen Bereich 'spezialisiert', wie z.B. Wüstenpflanzen, und sind in diesem Bereich dann anderen überlegen. In Extrembereichen gibt es meist nur wenige optimal angepasste Arten, also ist die Artenvielfalt gering, in gemäßigten Zonen ist die Artenvielfalt hoch. Gemessen wird die Artenvielfalt mit dem Artendiversitätsindex, der durch Artenzahl pro Pflanzenmenge errechnet wird.

In energiereichen und feuchten Zonen in der Äquatornähe gibt es immer auch deshalb mehr Pflanzenarten, da insgesamt die Nahrungskette länger ist. Die Artenvielfalt ist hier am größten und äquivalent der zugeordnete Index. Wenn sich die Faktoren in einem Gebiet verändern, dann leiden darunter vor allem die seltenen Pflanzenarten, die letztlich aber die Artenvielfalt ausmachen. Wenn sich das Klima also wie für die nächsten Jahrzehnte angenommen erwärmt oder die langfristigen und kurzfristigen Temperaturschwankungen sich vergrößern, dann würden dadurch viele seltene Pflanzenarten aussterben, da in solch kurzer Zeit eine Anpassung oder Wanderung nur schwer möglich wäre. Zwar ergäben sich durch die Erwärmung neue feuchtwarme Zonen, aber am Äquator würde es zu warm und auch zu trocken werden. Im alpinen Bereich wird ebenso das Aussterben vor allem von seltenen Arten befürchtet, da durch die Erwärmung die Pflanzen „eher nach oben

wandern“; aber die Pflanzen am Gipfel würden ganz verdrängt werden. An den Polen - oder besser gesagt in der polaren Zone - würden die Permafrostböden tauen (und folglich wieder CO<sub>2</sub> freigeben) und neuen Raum für Pflanzen bieten, die sich in Richtung der Pole verschieben. Außerdem ist es wichtig zu wissen, dass Tiere sich allgemein immer besser an eine Änderung des Klimas anpassen können als Pflanzen. Allerdings würden sich auch bei den Tieren Schwierigkeiten mit veränderten Jahreszeiten (extremere, frühere Sommer und Winter) ergeben, da der gesamte Rhythmus verändert wäre, was zu Populationsverminderung führen könnte.

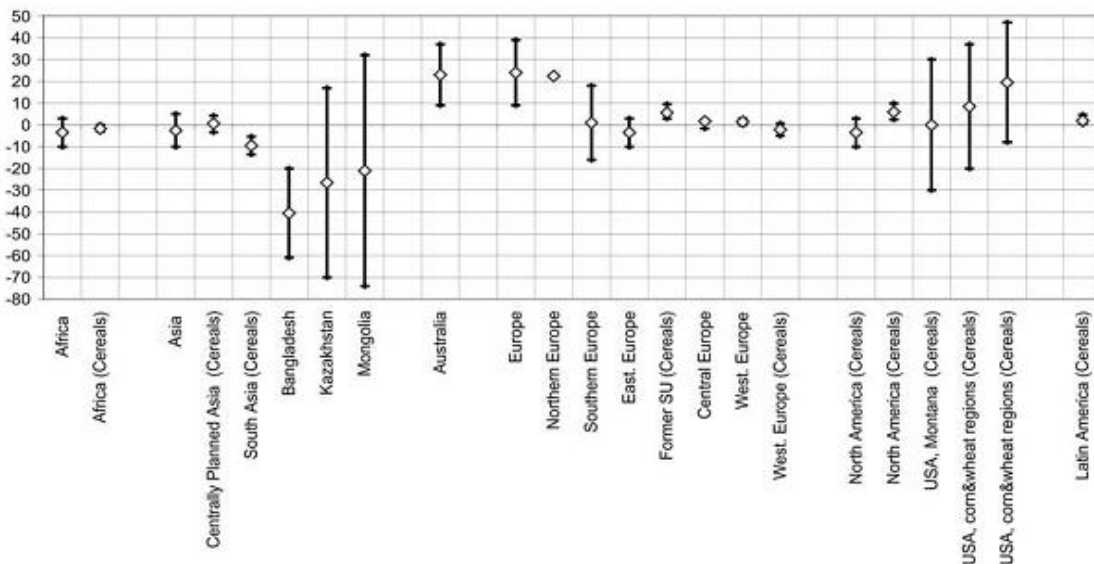
### II.3. Auswirkungen auf die Vegetation der Ozeane

Da in Ozeanen die Temperatur sehr viel weniger schwankt als auf dem Land, haben die dort lebenden Organismen einen nur kleinen, entsprechend ausgerichteten Toleranzbereich. Würde sich durch eine Klimaerwärmung mit der Zeit auch die Temperatur der Ozeane (es reicht bereits schon die Oberfläche der Ozeane, da dort die meisten Organismen leben) ändern, dann würde die Fortpflanzung und insgesamt die Pflanzenzahl in den Ozeanen so zurückgehen, dass es auch einen Einfluss auf andere Bereiche hätte, etwa auf die Atmosphäre, da ein beträchtlicher Teil des CO<sub>2</sub> in den Ozeanen gespeichert ist.

### II.4. Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Oberflächlich betrachtet ist es zunächst einmal egal, ob es in Äquatornähe bebaubare feuchte Gebiete oder in Folge einer Klimaveränderung in der Nähe der Pole neue aufgetaute Gebiete gibt, die als landwirtschaftliche Nutzflächendien.

Relative Änderung der Getreide- bzw. Weizenerträge in unterschiedlichen Kontinenten, Ländern und Regionen der Erde. Die Streubalken geben die Spannbreite möglicher Änderungen an, die sich aus der Stärke der Klimaänderung ergibt, die mittels gekoppelter Klimamodelle (GCM) berechnet wurden (n. verschiedenen Autoren)



Quelle: Sonderheft 274 der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft - Acherbau 2025, [http://www.fal.de/rm\\_790814/S\\_haredDocs/09\\_BW/DE/Publikationen/LBF/download\\_\\_lbf\\_sk274\\_de,templateId=1a\\_w.property=publicationFile.pdf/download\\_lbf\\_sk274\\_de.pdf](http://www.fal.de/rm_790814/S_haredDocs/09_BW/DE/Publikationen/LBF/download__lbf_sk274_de,templateId=1a_w.property=publicationFile.pdf/download_lbf_sk274_de.pdf)

Abb. 3

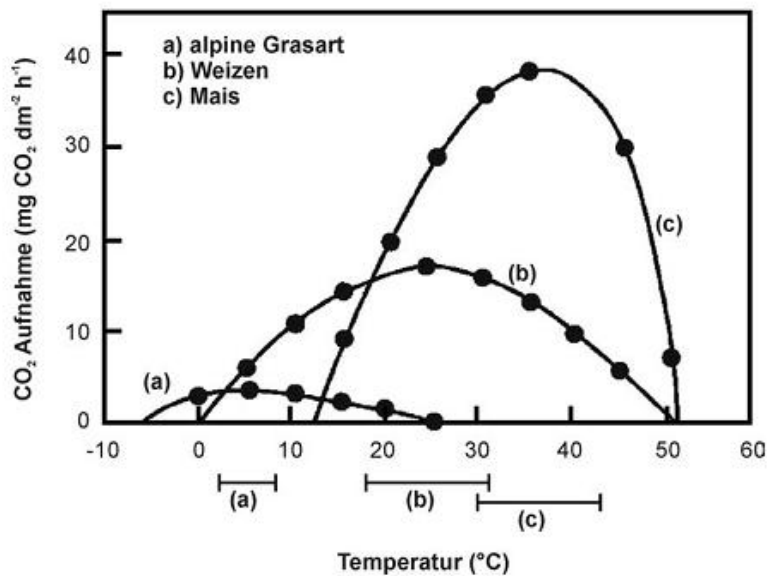
Abb.3 zeigt die relative Änderung der Getreide- bzw. Weizeneinträge in unterschiedlichen Regionen der Erde infolge des Klimawandels, beruhend auf Berechnungen mittels gekoppelter Klimamodelle (GCM). Es gibt bei den Änderungen teilweise große Spannweiten, aber wenn man die Mittelwerte betrachtet, ist die Auswirkung nach dieser Quelle wahrscheinlich sogar leicht positiv, es gibt also im globalen Mittel mehr Erträge.

Die Entwicklungsländer müssen hingegen mit oft erheblichen Einbußen rechnen, eine Umstellung auf andere Sorten dürfte sich schwierig gestalten; die Länder Afrikas sind ohnehin schon die ärmsten der Erde.

Überall dort, wo bis jetzt eher wenig Licht vorhanden war und geringe Temperatur herrschten, hat eine Erhöhung dieser Faktoren für Kulturpflanzen aber durchaus positive Folgen, da sich die Temperatur dem optimalen Punkt der Pflanze nähert. In diesem Fall kann die Pflanze mehr Photosynthese betreiben, allerdings geht in der Nacht durch Atmung und Photorespiration der Kohlenstoff bei höherer Temperatur vermehrt auch wieder verloren. Wenn die Pflanze allerdings schon bei optimaler Temperatur lebt, dann führt eine Erhöhung zu negativen Effekten, die meist sogar stärker sind als eine etwas zu niedrige Temperatur.

In Abb.4 sind drei Pflanzenarten als Beispiel angegeben; man sieht in erster Linie beim Mais eine Photosyntheseverringering bei hohen Temperaturen. In Abb.5 sieht man des Weiteren, dass gerade eine bei uns angebaute Pflanze, die Kartoffel, eine höhere Temperatur kaum noch verträgt.

Die Temperaturabhängigkeit der Photosyntheseleistung bei Pflanzenarten unterschiedlicher Standorte (oben) und wichtige Temperaturbereiche verschiedener Kulturpflanzenarten (unten)



Kultur	T <sub>opt</sub>	T <sub>max</sub>	Kältetoleranz (Wachstumsbeginn)
Weizen	17 - 23	30 - 35	4 - 6
Mais	25 - 30	32 - 37	12 - 15
Sojabohne	15 - 20	35	---
Kartoffel	15 - 20	25	8 - 10

Quelle: Sonderheft 274 der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft - Ackerbau 2025, [http://www.fal.de/mn\\_790814/\\$haredDocs/09\\_BW/DE/Publikationen/LBF/download\\_\\_lbf\\_sh274\\_de,templateId=zw,property=publicationFile.pdf/download\\_lbf\\_sh274\\_de.pdf](http://www.fal.de/mn_790814/$haredDocs/09_BW/DE/Publikationen/LBF/download__lbf_sh274_de,templateId=zw,property=publicationFile.pdf/download_lbf_sh274_de.pdf)

Abb.4



Ein weiterer Effekt ist, dass sich bei einer Erwärmung um 1°C die Wachstumszeit um etwa eine Woche verlängert. Nutzpflanzenarten, die größere Toleranzbereiche für die Temperatur haben, wie Zuckerrüben oder Grünlandarten, profitieren von der genügend langen Wärmeperiode; stärker auf Wachstumszeiten und Temperaturen festgelegte Pflanzen, wie Weizen oder Gerste, erbringen kleinere Erträge, da die Wachstumsphase nicht verlängert werden kann und die Pflanzen langsamer wachsen

Wirkung einer CO<sub>2</sub>-Anreicherung auf die Wasserausnutzungseffizienz (WNE; g Trockenmasse pro kg Wasser) von Sommerweizen bei ausreichender und reduzierter Wasserversorgung. Die Untersuchung wurde in Open-top-Kammern im Feld durchgeführt (nach MANDERSCHIED et al., unveröffentlicht)

Jahr	Wasser- versorgung	„Normal“ CO <sub>2</sub>	670 ppm CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -Effekt %
1998	Ausreichend	4,88	6,22	+ 27
	Reduziert	5,30	7,59	+ 43
1999	Ausreichend	4,08	4,64	+ 14
	Reduziert	4,10	6,98	+ 70

Quelle: Sonderheft 274 der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft - Ackerbau 2025,  
[http://www.fal.de/rn\\_7908148/haredDocs/09\\_BW/DE/Publikationen/LBF/download\\_lbf\\_sh274\\_de.templateId=raw\\_property=publicationFile.pdf/download\\_lbf\\_sh274\\_de.pdf](http://www.fal.de/rn_7908148/haredDocs/09_BW/DE/Publikationen/LBF/download_lbf_sh274_de.templateId=raw_property=publicationFile.pdf/download_lbf_sh274_de.pdf)

Abb. 5

Pro Grad müssten die Anbaugelände zum Ausgleich schätzungsweise 100 bis 150 km in Richtung Pole oder 100 m in die Höhe verschoben werden, um die Veränderung auszugleichen.

Es sind jedoch auch positive Folgen denkbar. Der höhere CO<sub>2</sub> Anteil in der Luft führt fast immer zu einem Ertragszuwachs, außerdem kann durch einen höheren CO<sub>2</sub>-Anteil eine reduzierte Wasserversorgung ausgeglichen werden; man könnte also die verfügbaren Wasserressourcen besser nutzen. Die Veränderungen können und müssen vermutlich aber auch dadurch ausgeglichen werden, indem man die Aussaattermine verändert, andere Arten/Sorten anpflanzt bzw. züchtet, anders bewässert und den Boden anders behandelt (Düngen/Bearbeitung). Wichtig ist, dass man die langfristige Änderung grundsätzlich erkennt und sich darauf einstellt.

### III.1 Der Schweizer Wald – ein Sektor mit Zukunft?

Die zentral in Europa gelegene Schweiz zählt mit einem durchschnittlichen BIP von 58.000€ pro Einwohner zu den reichsten und wirtschaftlich stärksten Ländern der Welt. 75% aller Schweizer arbeiten im Dienstleistungssektor, ein typisches Merkmal für einen sehr hohen Entwicklungsstand. In der Landwirtschaft arbeiten nunmehr weniger als 4% der Bevölkerung und die Zahl nimmt weiter ab. Grund ist neben der fortschreitenden Rationalisierung auch ein Strukturwandel, der bereits seit Jahren Veränderungen mit sich zieht. Vereinfacht gesagt werden die vielen kleinen, noch existierenden, aber unwirtschaftlich gewordenen landwirtschaftlichen Betriebe der höheren Lagen geschlossen, im Gegenzug werden Großbetriebe im Schweizer Flach- und Mittelland ausgebaut. Die zum Teil weit verstreut liegenden Brachflächen werden wieder aufgeforstet. Gegenwärtig sind 30% der Schweiz mit Wald bedeckt, ohne menschlichen Eingriff wären es vermutlich gut 70%. Bis 700m Höhe gedeihen vorwiegend Laubmischwälder, bis 1200m

Berglaubwald und der Nadelwald wächst sogar in Höhen bis zu 2100m. Der Wald wird in der Schweiz auf vielerlei Art genutzt: Zum einen dient er als effektiver Lawinenschutz in höheren Lage, zum anderen ist die Schweizer Forstwirtschaft regional ein wichtiger Wirtschaftssektor bzw. Arbeitgeber. So arbeiten etwa im Kanton Bern gut 12000 Erwerbstätige in der Forst- und Holzwirtschaft, was die Holzverarbeitende Industrie mit einbezieht. Im Jahr 2003 wurden in der gesamten Schweiz etwa 5,1 Millionen Kubikmeter Nutzholz geerntet. Das geschlagene Holz wird zu 68% als Stammholz, vorwiegend auf dem Bau, eingesetzt. 10% verarbeitet die Möbelindustrie und 22% dienen als Brennholz. Die Verwendung von Holz als Energieträger wird dabei immer beliebter. Das klingt nicht gerade spektakulär, dahinter stecken jedoch mehrere Gedanken großer Tragweite.

### **III.2 Holzenergie – Klimaschutz durch Rodung?**

Jede moderne Wirtschaft braucht bekanntlich Erdöl. So ist Erdöl in der chemischen Industrie als wertvoller Rohstoff kaum zu ersetzen, Beim Heizen ließe sich jedoch durchaus auf Alternativen setzen. Hinzu kommt, dass die Schweiz keine eigenen Vorkommen besitzt und auf ausländisches Erdöl angewiesen ist. Zwar verdienen auch Schweizer Unternehmen an Förderung und Handel mit ausländischem Öl, dennoch gehen von 100 in Erdöl investierten Schweizer Franken 59 ins Ausland. Bei der Nutzung regionaler Holzenergie bleiben alle 100 Franken in der Schweiz, und sogar über die Hälfte direkt in der Region. Statt 2000 Liter Öl - so die Rechnung - könne man zur Beheizung einer Liegenschaft mit rund 27m<sup>3</sup> Holzschnitzel auskommen. Aufgrund der Nutzung von Holzenergie, die auch als so genannte „erneuerbare Energie“ bezeichnet wird, spare man außerdem gut 6t zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ein sicherlich klimafreundliches Projekt, dessen Nachhaltigkeit dadurch gesichert wird, dass weniger gerodet als nachgepflanzt wird. Ganz im Gegenteil: Im Jahr 2003 wuchsen 2,5 Millionen Kubikmeter mehr Holz nach, als geerntet wurden. Würde man diese immense Holzmenge zum Heizen verwenden, ließe sich die jährliche CO<sub>2</sub>-Emission der Schweiz um 5% senken, das entspräche 2 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>.

### **III.3 Der Schweizer Wald – Verlierer oder Gewinner des Klimawandels?**

Die genauen Veränderungen für die Forstwirtschaft im Zuge des Klimawandels sind schwer zu beziffern, jedoch lassen sich auf der Grundlage zweier Szenarien gute Schätzungen machen.

Erwärmung um 1 bis 1,5 °C

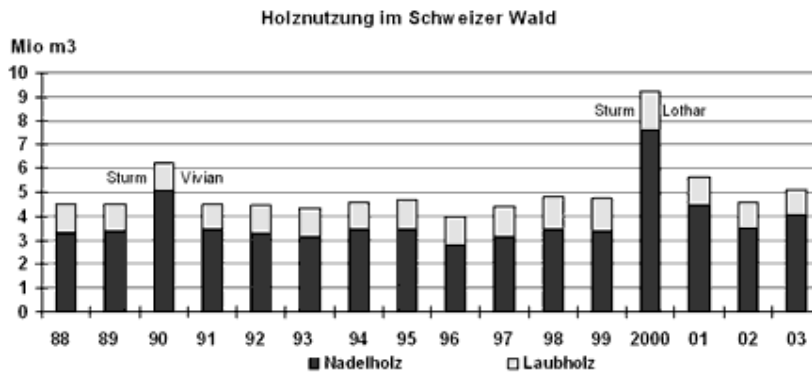
- § Der Laubwald könnte im Verlauf der nächsten 150 bis 200 Jahre in höhere Lagen vorrücken, das Gebiet des heutigen Nadelwaldgürtels verkleinert sich

Erwärmung um 2 bis 2,5 °C

- § Es werden gegebenenfalls zusätzlich die Buchenwälder des Mittellandes durch Eichen-Hainbuchenwälder abgelöst

Maßgeblich ist dabei, dass der Klimawandel nicht unbedingt einen Vegetationsrückgang, sondern vielmehr ebenfalls einen Wandel, einen Vegetationswandel hervorruft. Sicher ist aber, dass es vor allem wärmer und trockener wird, was durchaus Auswirkungen auf die Wachstumsgeschwindigkeit haben könnte. Um die wirtschaftlichen Veränderungen abschätzen zu können, muss man einen

Blick auf die Holznutzung in den Schweizer Wäldern werfen (Abb.6). Die Nadelholzernte macht dabei rund 2/3 der gesamten Holznutzung aus. Dies ist nicht verwunderlich, denn Nadelholz wächst viel schneller und kann deshalb früher geschlagen werden. Werden die Nadelholzbestände zurückgehen, ist mit deutlichen Ernte-Einbußen zu rechnen. Schätzungen prognostizieren einen möglichen Ertragrückgang von 20-25%. Angesichts dieser schlechten Prognose ist die Förderung einer nachhaltigen Nutzung der Holzenergie sicherlich zu unterstützen, zumal sie als zukunftsorientierte, regenerative Maßnahme Vorbildcharakter aufweist.



Quelle: Schweizer Bundesamt für Umwelt

<http://www.uvek.admin.ch/dokumentation/00474/00492/index.html?lang=de&msg-id=8369>

Abb.6

## **IV. Quellenhinweise**

Brandl, H. (1996): Die Bedeutung der Holznutzung für den CO<sub>2</sub>-Haushalt  
[http://www.waldwissen.net/themen/umwelt\\_landschaft/co2\\_klimaschutz/fva\\_holznutzung\\_kohlenstoffspeicher\\_DE](http://www.waldwissen.net/themen/umwelt_landschaft/co2_klimaschutz/fva_holznutzung_kohlenstoffspeicher_DE) , (11.02.2005)

Huhn, Berd, (Neumünster, März 1993), Der Kohlenstoffkreislauf der Erde – Eine Darstellung für den Unterricht in der Sekundarstufe I,  
<http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimawandel/blk-co1.html>, (5.3.2004)

Isermeyer, Folkhard (Hrsg.) (2004),  
Sonderheft 274 der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft - Acherbau 2025,  
[http://www.fal.de/nm\\_790814/SharedDocs/09\\_BW/DE/Publikationen/LBF/download\\_lbf\\_sh274\\_\\_de,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/download\\_lbf\\_sh274\\_de.pdf](http://www.fal.de/nm_790814/SharedDocs/09_BW/DE/Publikationen/LBF/download_lbf_sh274__de,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/download_lbf_sh274_de.pdf)

Kanton Obwalden Online (2007), Amtsstelle Wald und Natur/Waldbewirtschaftung  
[http://www.ow.ch/de/verwaltung/dienstleistungen/?dienst\\_id=1726](http://www.ow.ch/de/verwaltung/dienstleistungen/?dienst_id=1726)

Kasang, Dieter: Natürliche Ökosysteme,  
<http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/oekosysteme/index.htm>, (12.10.2006)

Kasang, Dieter: Klimawandel und Landwirtschaft,  
<http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/landw/index.htm> , (08.09.2006)

Keppler, F. (2006): Global Warming - The Blame Is not with the Plants, Max-Planck Society Press Release, Jan. 18<sup>th</sup> 2006,  
<http://www.mpg.de/english/illustrationsDocumentation/documentation/pressReleases/2006/pressRelease200601131/index.html>

Lang, Erich; Ulrike Stary, Karl Gartner (2005), Die Auswirkungen außergewöhnlicher Hitze und Trockenheit auf die Verfügbarkeit des Bodenwassers,  
[http://www.waldwissen.net/themen/waldoekologie/boden\\_standortkunde/bfw\\_trockenheit\\_folgen\\_2005\\_DE](http://www.waldwissen.net/themen/waldoekologie/boden_standortkunde/bfw_trockenheit_folgen_2005_DE) ,(14.06.2005)

Le Quere, Corinne; Christian Rödenbeck, Erik T. Buitenhuis, Thomas J Conway, Ray Langenfels, Antony Gomes, Casper Labuschagne, Michel Ramonet, Takakiyo Nakazawa, Nicholas Metzel, Nathan Gillet and Martin Heimann:  
“Saturation of the Southern ocean CO<sub>2</sub> sink due to recent climate change”  
(erschieden in: Science, 17. Mai 2007)

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Reaktionen der Biosphäre auf den Klimawandel, <http://www.pik-potsdam.de/infoteh/bildung/poster/biosphere.pdf> (07.11.2006)

Schweizer Bundesamt für Umwelt, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK (2004), Forststatistik 2003: Holzproduktion wächst um 12 Prozent <http://www.uvek.admin.ch/dokumentation/00474/00492/index.html?lang=de&msg-id=8369>

Schweizer Forstwirtschaft Informationsportal von Norbert Eichler (2007) <http://www.forstwirtschaft.ch>

Sengbusch, Peter v. (2003), Standortfaktoren und Vegetation, <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d56/56.htm>

Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern (2007), Amt für Wald KAWA, <http://www.vol.be.ch/site/home/kawa.htm>

Wikipedia (2007), Artikel über die Schweiz <http://de.wikipedia.org/wiki/Schweiz>