

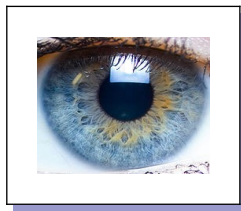
Einfluss der Vegetation auf die Erderwärmung

von Norbert Scheible, 26817 Rhaderfehn

Zitat:

„Der Mensch ist überzeugt, Objekte zu sehen, wie sie wirklich sind.

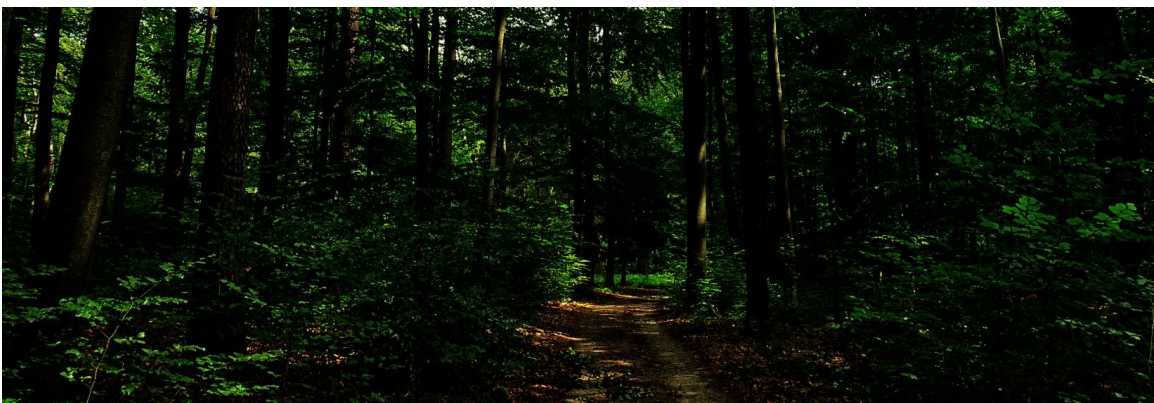
*Das ist nicht der Fall. Wie
Mensch eine ökologische
Sehfähigkeit adaptiert ist.
gemäß unserer
sehen müssen, andere*



*jedes Tier nimmt der
Nische ein, für die seine
Wir sehen Dinge, die wir
evolutionären Entwicklung
sehen wir nicht.“*

(Quelle: Wikipedia-Eintrag über die [Augenevolution](#))

(Alle Abbildungen dienen als Bildzitate nur der Verdeutlichung des Textes.
Die Rechte verbleiben bei den im Anhang angegebenen Quellen.)



Einfluss der Vegetation auf die Erderwärmung

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Berechnungen der Energiebilanzen aufgrund der Photosynthese.....	5
2.1. „Waldbilanzen“	6
2.2. Maisanbau als Wärmelieferant.....	8
2.3. „Tierische“ Abwärme.....	11
3. Veränderung der Vegetation durch Natur und menschliche Eingriffe.....	12
3.1. Die Welt ergrünt.....	12
3.2. Zunahme des Holzvorrats in unseren Wäldern.....	12
3.3. Die kleine Eiszeit.....	13
3.4. Hutewälder.....	14
3.5. Entwicklung des Waldes in D und USA im 19. und 20. Jahrhundert.....	15
3.6. Rückgang der Alpengletscher durch Aufforstung am Beispiel Österreichs.....	16
3.7. Abschmelzen des Nordpols.....	17
3.8. Weitere Beispiele.....	20
4. Gründe für die bisherige Unterschätzung des Erwärmungseffekts durch Pflanzen...	22
4.1. Geringer Wirkungsgrad bei der Photosynthese.....	22
4.2. Menschliche Sehanomalie (spektrale Hellempfindlichkeit).....	23
4.3. Klimatechnische Bewertung der Erdverdunkelung.....	28
5. Betrachtung der Bestimmung der klimarelevanten Messgröße „Albedo“	30
5.1. Probleme bei den veröffentlichten Werten.....	30
5.2. Verfahren zur Bestimmung der Erdalbedo-Werte.....	31
5.3. Das Rote-Kante-Missverständnis.....	36
6. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.....	38
6.1. Prüfung der These an Beispielen in der Vergangenheit.....	38
6.1.1. PETM.....	39
6.1.2. Das Schneeball-Erde-Phänomen.....	40
6.1.3. Die Ausrottung des Mammuts.....	42
7. Fazit.....	44
8. Anhang 1.....	46
9. Anhang 2.....	49

1. Einleitung

Der vorliegende Text beschäftigt sich „nicht“ mit dem Treibhauseffekt. Dieser wird als existent vorausgesetzt, auch ein steigender CO₂-Gehalt und ein Temperaturanstieg in den letzten Jahrzehnten aufgrund menschlicher Aktivitäten wird natürlich nicht in Frage gestellt.

Es geht vor allem um die Frage, ob die Pflanzen bzw. Bäume oder die Vegetation allgemein eine andere Rolle spielen als die der **CO₂-Senke**.

In der Klimadebatte werden damit Aufforstungen, d.h. zusätzliche Bäume, als sehr positiv zur Überwindung der Klimakatastrophe angesehen.

Das Ergebnis wird (leider!!!) ein ganz anderes sein, Pflanzen sind wohl unfreiwillig Hauptverursacher der Erderwärmung. Und der Mensch unterstützt sie tatkräftig bei ihrem Tun, da er aufgrund einer evolutionären Sehanomalie geradezu „betriebsblind“ ist und von dem unheilvollen Treiben nur die Folgen in Form von einer Erwärmung (oder Abkühlung) mitbekommt. Und wie es aussieht, sind selbst die wissenschaftlichen Messgeräte, die diesen Vorgang objektiv aufdecken könnten, entsprechend der Anomalie kalibriert und deswegen bisher nutzlos!

Bei der Beschäftigung mit der CO₂-Problematik, dem Nachvollziehen des Prozesses der Photosynthese und dem Durchlesen des entsprechenden Wikipedia-Artikels stolpert man über die Tatsache, dass der **Wirkungsgrad der Photosynthese** so klein sein soll. Es werden reale Werte von **1 %** angegeben oder noch weniger. Als Ingenieur weiß man, dass ein solch kleiner Wert Unsummen an Abwärme zur Folge haben muss, da dies ja gerade die Definition des Begriffes „[Wirkungsgrad](#)“ bedeutet. Bisher dachte ich laienhaft, dass eine Pflanze nur soviel Sonnenlichtenergie „entnimmt“ wie sie zum Wachsen benötigt und keine „eigene“ Wärme abgibt bzw. „erzeugt“.

Die sich aus dieser biologischen Eigenschaft ergebenden Erkenntnisse habe ich versucht in dieser Arbeit zusammen zu fassen. Es ist eine Art „Online-Literatur-Link-Recherche“ mit Bewertung der Ergebnisse. Alle angegebenen Daten und Fakten sind durch entsprechende „Hyperlinks“ nachprüfbar. Im Anhang befindet sich eine Liste der verwendeten Quellen, die Stand August 2021 aufrufbar waren.

In Kapitel 2 wird aufgezeigt, wie die Photosynthese energietechnisch einzuordnen ist, damit man eine Ahnung von der Größenordnung der dabei auftretenden Energiebeträge bekommt.

Kapitel 3 zeigt anhand von vielen Beispielen, dass die Vegetation schon immer großen Veränderungen (seit Auftreten des homo sapiens auch durch den Menschen)

unterworfen war. Die Eingriffe gerade seit Beginn der Industriellen Revolution trugen insgesamt zu einer übernatürlich starken Ausbreitung von Vegetation aller Art bei, unter anderem allein schon, um die Ernährung der exponentiell ansteigenden Bevölkerungszahl zu sichern, allen heutigen Hiobsbotschaften bezüglich Abholzungen, Waldschäden und Brandrodungen zum Trotz.

Das 4. Kapitel widmet sich u.a. der Sehanomalie, die dafür sorgt, dass der Mensch die Auswirkungen der Vegetation auf den Wärmehaushalt der Erde nicht erkennen kann. Es wird beschrieben, wie sich diese Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges auf unsere Wahrnehmung auswirkt. Dazu wird der für die Klimaforschung wichtige Wert der (Erd-)Albedo erläutert und begründet, warum die Erde durch die Ausbreitung der Pflanzen aller Art im Grunde genommen immer dunkler bzw. „schwärzer“ wird, wir aber davon mit unserem Sehsinn nichts mitbekommen.

Die Art und Weise, wie in der Wissenschaft der Albedo-Wert bestimmt wird, lässt in Kapitel 5 den Verdacht aufkommen, dass auch hier diese Sehanomalie regelrecht übersehen wird. Damit wären selbst Messwerte, die z.B. von der NASA veröffentlicht wurden, schlicht und einfach falsch! Die momentanen Klimamodelle beruhen jedoch auf der angenommenen Richtigkeit dieser Werte. Sollte sich herausstellen, dass hier etwas nicht stimmt, hätte dies gravierende Folgen für die bisherigen und zukünftigen Anstrengungen zur Überwindung der Klimakrise.

Warum die bisherigen Vorhersagen ohne Berücksichtigung der Vegetation leidlich gut übereinstimmten und man zurückliegende Klimaereignisse unterschiedlich interpretieren kann, wird in Kapitel 6 an Beispielen aufgezeigt.

In Kapitel 7 soll mittels eines Fazits versucht werden, die nötigen und möglichen Maßnahmen zu skizzieren. Will der Mensch die Erderwärmung in seinem Sinne und zur Verhinderung des Anstiegs des Meeresspiegels stoppen bzw. steuern, so wird er nicht darum herum kommen, die Vegetation und insbesondere die Wälder auszudünnen und zu verringern. Bei einer (noch) steigenden Bevölkerungszahl muss notgedrungen die Vegetation der Landwirtschaft mit der natürlichen Vegetation aufgerechnet werden, und in die Kulturlandschaft „Natur“, die selbst unter ihrer eigenen Erwärmung leidet, muss zu deren Nutzen und Schutz leider stärker eingegriffen werden.

Wenn auch vielleicht nicht alle in dieser Arbeit aufgezählten Fakten in ihrer Bedeutung so relevant für die Klimaentwicklung sein sollten wie vermutet macht es allemal Sinn, die Auswirkung der Vegetation auf das Klima viel genauer zu untersuchen als bisher.

Gerade die zur Zeit sich mächtig ins Zeug legende nachfolgende Generation (FfF) hat es verdient, dass ihre Bemühungen zur Abwendung der Klimakrise auf nachprüfbar und wissenschaftlich korrekten Ergebnissen fußen.

2. Berechnungen der Energiebilanzen aufgrund der Photosynthese

Ein paar überschlägige Berechnungen sollen nun zeigen, dass jegliche Vegetation und deren Ausbreitung zur Erderwärmung beiträgt. Angetrieben von Kohlenstoffkreisläufen sorgen Pflanzen durch ihren Stoffwechsel für Abkühlung oder Erwärmung des Klimas, abhängig von der Anzahl bzw. der **reinen quantitativen Menge** der Photosynthese treibenden pflanzlichen Biomasse.

Folgt man den Zahlen und Naturgesetzen muss man folgendes feststellen:

Die Pflanzen tragen in nicht unerheblichem Umfang zur Erderwärmung bei. Die bei der Photosynthese freigesetzte Wärmeenergie ist groß genug, um einen deutlichen Erwärmungseffekt damit begründen zu können.

Das führte zu der **These**, dass die Erderwärmung auf Vegetationsflächen ausgelöst wird durch die bei der Photosynthese freigesetzten Prozesswärme und der daraus resultierenden Abwärme aller dort befindlichen pflanzenfressenden Tiere (incl. Tierfresser und Kleinstlebewesen und Mikroorganismen), die gleichzeitig CO₂ abgeben. Die Summe dieser beiden Wärmeenergien entspricht der gesamten von Photosynthese treibenden Pflanzen auf der Fläche entnommenen Photonenstrahlungsenergie.

Deshalb trägt auch eine Aufforstung und der Schutz des Waldes **nicht** zur Abkühlung sondern zur weiteren Erwärmung bei. Wenn man bspw. die Hänge der Alpen mit Bäumen aufforstet, schafft man sich eine Art Gebirgsheizung und sorgt somit unfreiwillig für den Rückgang der Alpengletscher und die Aufweichung des Permafrostbereichs.

Zur Begründung muss man die Photosynthese betrachten und dort vor allem die Energiegleichungen.

Ein paar Berechnungen folgen nun unter Beschränkung auf Bäume bzw. den **Wald** und **Mais** als Beispiel für Pflanzen, das scheinen nämlich allein durch ihre räumliche Größe und Anbauflächen (Deutschland als Beispiel) auch maßgebliche Hauptverursacher zu sein.

Die Abwärme entsteht bei der Umwandlung von CO₂ + Wasser + Sonnenlicht in Holz und O₂. Laut der Beschreibung der Photosynthese ([Wikipedia-Artikel](#)) beträgt der Wirkungsgrad der Photosynthese unter realen Bedingungen wie schon erwähnt ca. 1% des von der Pflanze verwendeten Photonenstrahlungsanteils des Sonnenlichts.

Wichtig bei der Betrachtung der Photosynthese ist die Tatsache, dass ein Baum nur den **hochenergetischen Photonenstrahlungsanteil** des Sonnenlichts nutzt (Rot-Grün-Blau-Anteil), der aber keine(!) Wärmestrahlung ist. Ein analoges Beispiel ist ein kleines Stück Uran, das trotz gefährlicher Strahlung kühl in der Hand liegt. Somit er-

zeugt der Baum mittels „kalter“, nicht wärmender Strahlung Holz und O₂ unter Abgabe enormer Mengen Abwärme. Zum Abtransport wird zum Teil der Wasserdampf bei der Atmung des Baumes genutzt, dieser fungiert also als **Energieträger** für die Abwärme, analog eines Kühlturms bei einem Kohlekraftwerk. Man könnte also sagen, dass ein Baum eine Art Photonenstrahlungskraftwerk mit eingebautem Kühlturm ist. Die kühlende Wirkung, die man im Wald verspürt, beruht auf dem Effekt der Verdunstungskälte und dem Abschattungsmoment des Infrarotanteils der Sonnenstrahlung.

Dazu nun die Berechnungen, wobei die angegebenen Werte nicht genau stimmen können und müssen, sie helfen jedoch für das Verständnis des Vorgangs und der ungefähren gigantischen Größenordnungen der beteiligten Energiebeträge. Nur die Umrechnungen der Energiebeträge müssen gemäß der Naturgesetze und Energieerhaltungssätze vorgenommen werden.

2.1. „Waldbilanzen“

Ein (Laub-)Wald von 1ha Größe erzeugt lt. des Wikipedia-Artikels pro Jahr max. 12 Tonnen Holz. Das entspricht wohl 230×10^9 Joule Heizwert. Ein Nadelwald erreicht das 1,5-fache dieses Wertes. Dies ist der Ausgangspunkt für die Photosynthesetätigkeit.

In kWh umgerechnet ergeben sich 63.890 kWh. Mit dem angenommenen Wirkungsgrad von 1% ergeben sich

$$(100-1)/1 \times 63.890 \text{ kWh}$$

$$= 99 \times 63.890 \text{ kWh} = 6.325.110 \text{ kWh Abwärme pro ha Wald pro Jahr.}$$

Der Waldbestand in Deutschland beträgt ca. 11.419.124 ha, d.h. gut 11 Mio. Hektar. Somit werden pro Jahr

$$11.419.124 \text{ ha} \times 6.325.110 \text{ kWh/ha} = 7,222 \times 10^{13} \text{ kWh über den Wald als Abwärme in die Atmosphäre entsorgt.}$$

Zum Vergleich:

Der Primärenergieverbrauch aller Deutschen betrug 2017 insgesamt 3776 TWh = $3,776 \times 10^{12}$ kWh (einschl. Benzin, Gas, Kohle, Wasserkraft, Windkraft, Solar usw.).

D.h. allein der deutsche Wald gibt pro Jahr etwa das **19,1**-fache des Primärenergieverbrauchs aller Deutschen als Wärmeenergie ab.

Die Frage ist hier, ob der Primärenergieverbrauch als Vergleich taugt, heißt es doch im Wikipedia-Artikel über den Treibhauseffekt:

„Der Wärmestrom (Leistung) aus vom Menschen verfeuerten Brennstoffen ist noch geringer und liegt bei 0,026 Watt pro Quadratmeter. Er errechnet sich aus dem Weltenergieverbrauch (im Jahr 2004) in Höhe von 432 Exajoule und der Größe der Erdoberflächen von rund 510 Millionen km².“

Für Deutschland allein sieht die Sache aber schon ein wenig anders aus.

Betrachtet man den deutschen Primärenergieverbrauch von 3776 Milliarden kWh, und die Fläche von Deutschland mit 357.386 km², dann erhält man als Wärmestrom einen Wert von 1,20 Watt pro Quadratmeter, also eben mal das 46-fache des für die Erdoberfläche errechneten Wertes. Zur Einordnung kann das für die Klimaforschung eingeführte Konstrukt des [Strahlungsantriebs](#) verwendet werden.

Die Definition hierfür lautet:

„Strahlungsantrieb (engl. radiative forcing) ist ein Maß für die Änderung der Energiebilanz der Erde durch Änderung der Wirkung der Strahlung aus dem Weltraum und wird in W/m² gemessen. ... Ein erhöhter Strahlungsantrieb führt zu einer Erwärmung der Erde, ein verringerter Strahlungsantrieb zu einer Abkühlung.“

Mit diesem Wert können verschiedene Ursachen der Erderwärmung miteinander verglichen werden. Im Artikel wird der gesamte menschengemachte Strahlungsantrieb im Zeitraum 1750 bis 2011 netto (d.h. nach Abzug ebenfalls kühlender Effekte z. B. durch Aerosole) mit 2,3 W/m² beziffert. Für das CO₂ wird ein Wert von 1,82 W/m² angegeben.

Nimmt man nun einmal an, dass ein einzelner Mensch vor der Industriellen Revolution genau so viel Energie verbraucht hätte wie heute, hätte sich der Gesamtverbrauch allein durch die Zunahme der Bevölkerung von ca. 16 Mio. auf über 83 Mio. mehr als verfünffacht. Der Strahlungsantrieb aus dieser Vervielfachung wäre somit $\frac{4}{5} * 1,2 \text{ W/m}^2 = 0,96 \text{ W/m}^2$, d.h. etwa die Hälfte dessen, was bisher dem CO₂-Gas weltweit zugeschrieben wird.

Für den Wald ist die Berechnung etwas schwieriger, lässt sich doch nur mit Mühe ermitteln, um wie viel der real Abwärme liefernde Anteil seit ca. 1750 zugenommen hat. Deswegen soll hier nur ein Holzzuwachs von 7% in den letzten 10 Jahren (siehe Kapitel 3.2.) berücksichtigt werden. Somit betrug der Strahlungsantrieb aufgrund dieses Wertes ca.

$$0,07 * 19.1 * 1,2 \text{ W/m}^2 = 1,6 \text{ W/m}^2.$$

D.h. in den letzten 10 Jahren hat die Zunahme des deutschen Waldes fast so viel bisher nicht berücksichtigten Strahlungsantrieb verursacht wie für das CO₂ in 270 Jahren angenommen wird.

Noch ein Vergleich:

Ein Kohlekraftwerk vom Typ „[Neurath](#)“ mit 4400 MW Leistung erzeugt bei ganzjährigem 24-stündigem Betrieb incl. der Abwärme bei einem angenommenen Wirkungsgrad von 35% im Jahr schlussendlich (**Entropie beachten, am Ende ist alles Wärme!**) folgende Wärmemenge:

$$(4400\text{MW} \times 2,857) \times 8760\text{h} = 12.571.429\text{kW} \times 8760\text{h} = 1,101 \times 10^{11} \text{ kWh.}$$

D.h. der deutsche Wald entlässt aufgrund der Photosynthese soviel Wärme in die Umwelt wie **656** Kohlekraftwerke diesen Typs.

2.2. Maisanbau als Wärmelieferant

In gleicher Weise lässt sich auch eine Quantifizierung des **Maisanbaus** in Deutschland durchführen. Hierbei ist wichtig bzw. erschreckend, dass sich die Anbaufläche **in den letzten 50 Jahren ca. versechsfacht (!) hat** auf inzwischen 2.527.900 ha. Das ist immerhin fast ein Viertel der Fläche des deutschen Waldes.

Nun die überschlägige Berechnung:

Der Ertrag pro ha u. Jahr beträgt ca. 430 Dezitonnen, das sind 43.000kg.

Berücksichtigt werden muss die Feuchtigkeit, da sich der Heizwert auf die Trockenmasse mit ca. 14% Restfeuchte bezieht. Somit ergeben sich bei 65% Wassergehalt in der Silage ca. 17.200kg Ertrag Trockenmasse pro ha.

Bei einem Heizwert von 4,5kWh pro kg Trockenmasse ergeben sich 77.400 kWh/ha. Als Wirkungsgrad wird ebenfalls 1% angenommen.

Analog zum obigen Beispiel ergibt sich:

$$(100-1)/1 \times 77.400 \text{ kWh/ha}$$

$$= 99 \times 77.400 \text{ kWh/ha} = 7.662.600 \text{ kWh Abwärme pro ha pro Wachstumsperiode.}$$

Mit obiger Anbaufläche:

$2.527.900 \text{ ha} \times 7.662.600 \text{ kWh/ha} = 1,937 \times 10^{13} \text{ kWh Abwärme}$, das ist immerhin mehr als **das fünffache** des Primärenergieverbrauchs aller Deutschen pro Jahr.

Dabei muss bedacht werden, dass dieser Vorgang in sehr kurzer Zeit (Mai bis September, Hauptwachstumszeit ist **Ende Juni bis August**) stattfindet und damit in den so wieso schon wärmsten Monaten des Jahres.

Es sieht also danach aus, dass die extremen Hitzewellen in den letzten Jahren und die Absenkung des Grundwasserspiegels sowie die Schädigungen in den Wälder zum großen Teil durch diesen niedrigen Wirkungsgrad der Photosynthese beim Maisanbau und dem Baumwachstum begünstigt bzw. ausgelöst wurden und werden.

Die folgende Grafik zeigt die weltweite Zunahme des Anbaus von ausgewählten Getreidesorten in den letzten 50 Jahren.



Daten: USDA

Abbildung 1: Weltweiter Anbau u.a. Mais in Mio. t seit 1967 (entnommen Artikel NZZ vom 08.04.2019)

Eine Karte der bevorzugten Maisanbauggebiete in Deutschland (2016) deckt sich gut mit dem im Jahr 2019 heißesten Ort in Lingen (südliches Emsland).

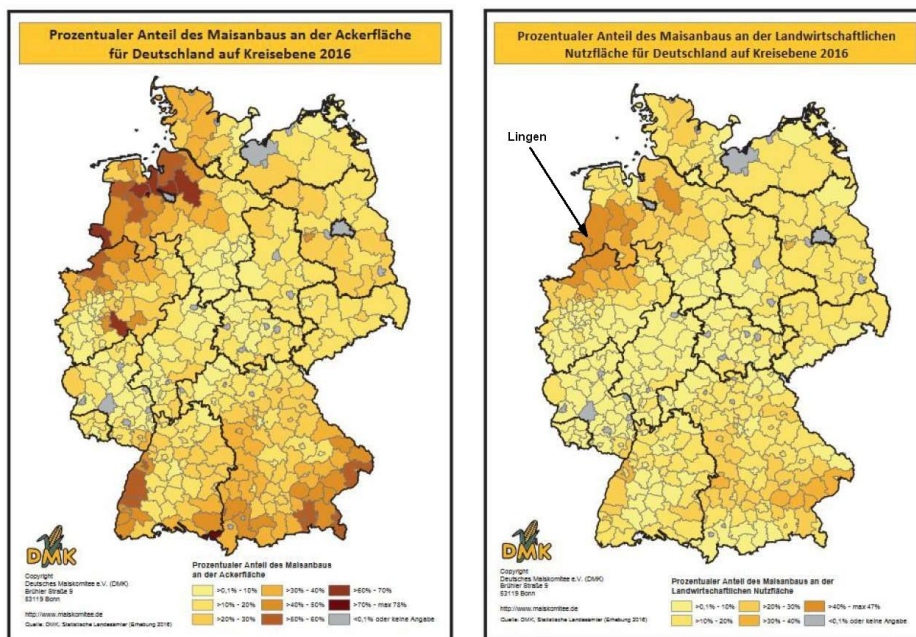


Abbildung 2: Maisanbauanteile in Deutschland

Dass sich inzwischen angeblich Hinweise zu Falschmessungen ergeben haben, die zur Schließung dieser Wetterstation führten, sei hier nur am Rande erwähnt. Bei der Betrachtung der Situation in Lingen sollte auch berücksichtigt werden, dass sich dort sowohl ein Kernkraftwerk mit Abwärmeproblematik sowie in unmittelbarer Nähe noch ein Gaskraftwerk befindet mit entsprechenden Kühltürmen, umgeben von dichten Waldbeständen. Es könnte sich somit um einen wahren Hotspot in Bezug auf das **lokale** Klima bei bestimmten Wetterlagen handeln.

Auch im mittelalterlichen Amerika finden sich möglicherweise Beispiele.

Im Wikipedia-Artikel über die "[Mittelalterliche Klimaanomalie](#)" heißt es bei Amerika:

*"Die Anasazi-Kultur auf dem Vierländereck der heutigen US-Bundesstaaten Utah, Colorado, New Mexico und Arizona war stark vom **Maisanbau** abhängig. Ausreichend Niederschläge hatten in den Jahren 700-900 und 1050-1130 einen sesshafteren Lebensstil, kulturelle Entwicklung und ein starkes Bevölkerungswachstum erlaubt. Pueblos mit großen mehrstöckigen Gebäuden wurden errichtet, darunter die der Chaco-Canyon-Kultur und der Cliff palace im heutigen Mesa-Verde-Nationalpark. Nach mittelalterlichen Dürreperioden Mitte des 12. Jahrhunderts und im späten 13. Jahrhundert wurden jedoch fast alle Siedlungen aufgegeben. Man fand archäologische Hinweise auf einen starken Anstieg von Kannibalismus in der Mitte des 12. Jahrhunderts."*

Für [Cahokia](#) als das Zentrum der Mississippi-Kultur lässt sich ein ähnliches Schicksal mit Aufschwung durch Maisanbau und anschließendem Absturz erkennen. Dieser natürlich nur vermutete Zusammenhang, der genauer zu erforschen wäre, sollte auf jeden Fall Anlass zur Sorge bereiten.

Möglicherweise spielt auch die Tatsache eine Rolle, dass Mais als [C4-Pflanze](#) den anderen sie umgebenden [C3-Pflanzen](#) photosynthesetechnisch überlegen ist und so die Schädigungen in angrenzenden Wäldern bzw. Vegetationen mitverursacht, indem die C4-Pflanze bei den umgebenen Pflanzen regelrecht zu einem CO₂-Mangel führt.

Durch sofortige Maßnahmen (Einschränkung des Anbaus) könnte man wohl Hitzewellen ab sofort verhindern oder abschwächen! Gerade der Anbau von Mais für Biogasanlagen scheint klimafolgentechnisch eine kontraproduktive Sackgasse zu sein!

Zum Wald und Mais kommen noch alle Einzelbäume, Getreidefelder, Gemüsegelder, Wiesen, Weiden, Gärten und sonstige Bepflanzungen hinzu. Beispielsweise wird heutzutage 90% des Weizens als Winterweizen angebaut, der schon im Herbst keimt und bei entsprechender Witterung den ganzen Winter über das Feld ergrünen kann, wie auch immer mehr Hausgärten statt brachliegende Gemüsebeete inzwischen Zierrasen und immergrünen Gewächse (Koniferen und Kirschlorbeer & Co.) beinhalten, die den ganzen Winter bei Tageslicht eingeschränkt Photosynthese betreiben können.

2.3. „Tierische“ Abwärme

Interessant an der Frage, ob der genaue Wirkungsgrad bei der Photosynthese wichtig ist für die Gesamtenergiebetrachtung, ist die Tatsache, dass die Abwärme des Stoffwechsels der gesamten von der Vegetation lebenden tierischen Biomasse ja auch noch dazugerechnet werden muss. Überlegt man sich nun, wie hoch diese sein kann, ergibt sich, dass nach Anwenden der Energieerhaltungssätze diese Energie maximal die Energiemenge der bei der Photosynthese erzeugten und von den Tieren aufgenommenen pflanzlichen Biomasse betragen kann. D.h. die gesamte an die Umwelt aufgrund der Photosynthese abgegebene Wärmeenergie beträgt am Ende der Nahrungskette (bzw. des Holzerfalls) im Wald (bei angenommenen 1%)

1% (pflanzl. Biomasse=tierische Abwärme bzw. Zerfallswärme)

+ 99% (pflanzliche Abwärme)

= 100% (der bei der Photosynthese entnommenen Photonenstrahlungsenergie)

Im Prinzip kürzt sich der ganze Photosyntheseprozess aus dem Endergebnis heraus und versteckt sich gewissermaßen hinter Wasserdampf und CO₂.

Des weiteren wird deutlich, dass dem mengenmäßigen Verhältnis von Tieren und Pflanzen durch den Wirkungsgrad eine natürliche Grenze gesetzt ist. Die Pflanzen sind dabei die treibende Kraft, erst, wenn genügend Pflanzennahrung vorhanden ist können sich die animalischen Lebensformen ausgleichend quantitativ vermehren.

Man bekommt eine Art „Indikatorensystem“ für den Zustand der Erdökologie: Der CO₂-Gehalt zeigt die Menge der tierischen Biomasse an (durch Atmung), der O₂-Gehalt zeigt die Menge der pflanzlichen Biomasse an (durch Photosynthese), und die Temperatur ist ein Maß für die Gesamtmenge an Biomasse. Oder einfacher: Je mehr CO₂, desto besser geht es den Tieren, je mehr O₂, desto besser geht es den Pflanzen, und je höher die Temperatur, desto besch...eidener geht es ... irgendwann ... der Eis-Erde.

Somit sorgt die (heutzutage in nicht geringem Maße menschengemachte) Ausbreitung von Flora und Fauna und die daraus resultierende zunehmende Photosynthese und Atmung für einen Anstieg von Temperatur und O₂ und CO₂.

D.h. der Summe der lokalen Erderwärmungen könnte begegnet werden und zwar durch **Abholzungen** und **Entnahme** der lebenden Biomasse. Nicht zusätzliche Aufforstung sondern kontrollierte Abforstung in Maßen und Verjüngung bzw. Auflockerung des Waldes täten dann unbedingt bei uns und anderswo Not. Dazu noch Änderungen in der Landwirtschaft, die für eine Entzerrung der Abwärmeabgabe beim Wachstum führen müssen.

3. Veränderung der Vegetation durch Natur und menschliche Eingriffe

3.1. Die Welt ergrünt

Ein Zeitungsbericht der SZ vom 9.8.2018 „[Klimawandel – mehr Wald auf der Welt](#)“ erwähnt im ersten Satz, dass „in den letzten Jahrzehnten der Anteil waldbedeckter Fläche auf der Erde um sieben Prozent gewachsen“ sei.

Weiter heißt es:

„Die Waldbedeckung der Erde hat in den vergangenen Jahrzehnten deutlich zugenommen. Eine Analyse von Satellitendaten der Jahre 1982 bis 2016 zeigt, dass die Fläche, auf der mindestens fünf Meter hohe Bäume wachsen, um 2,24 Millionen Quadratkilometer gewachsen ist - ein Anstieg um sieben Prozent (Nature). Währenddessen nahmen Flächen mit kleiner Vegetation, also Felder und Weiden, sowie nackter Boden in Wüsten und Hochgebirge ab.“

Auch die Titelgeschichte der Zeitschrift „bild der wissenschaft“ vom Dezember 2019 ([Die Welt ergrünt](#)) nimmt sich des Themas an. Es wird ausführlich erläutert, wie die Vegetation auf der Erde in den letzten Jahren zugenommen hat, wobei kein Zusammenhang zur Erderwärmung gezogen wird.

3.2. Zunahme des Holzvorrats in unseren Wäldern

Die Schutzgemeinschaft Deutscher Wald erklärt bezüglich des [Holzvorrats](#) in unseren Wäldern:

*„Der Holzvorrat in deutschen Wäldern hat eine Höhe erreicht **wie seit Jahrhunderten nicht mehr**. Innerhalb von zehn Jahren ist er um weitere sieben Prozent gestiegen. Mit einem Vorrat von 358 Kubikmetern pro Hektar liegt Deutschland nach der Schweiz und Österreich an der Spitze der europäischen Länder.“*

Mit 3,9 Milliarden Kubikmeter Gesamtvorrat steht im deutschen Wald mehr Holz als in jedem anderen Land der Europäischen Union. Das Thünen-Institut hat diese Zahl veranschaulicht: Mit dem Holzvorrat Deutschlands könnte man einen drei mal drei Metern massiven Holzturm bis zum Mond bauen.“

Die Steigerung kann nur durch realen Zuwachs an Baumexemplaren und/oder dem räumlichen Wachstum der existierenden Bäume zustande gekommen sein, was aber gleichzeitig zu einer gestiegenen Photosynthesetätigkeit geführt haben muss.

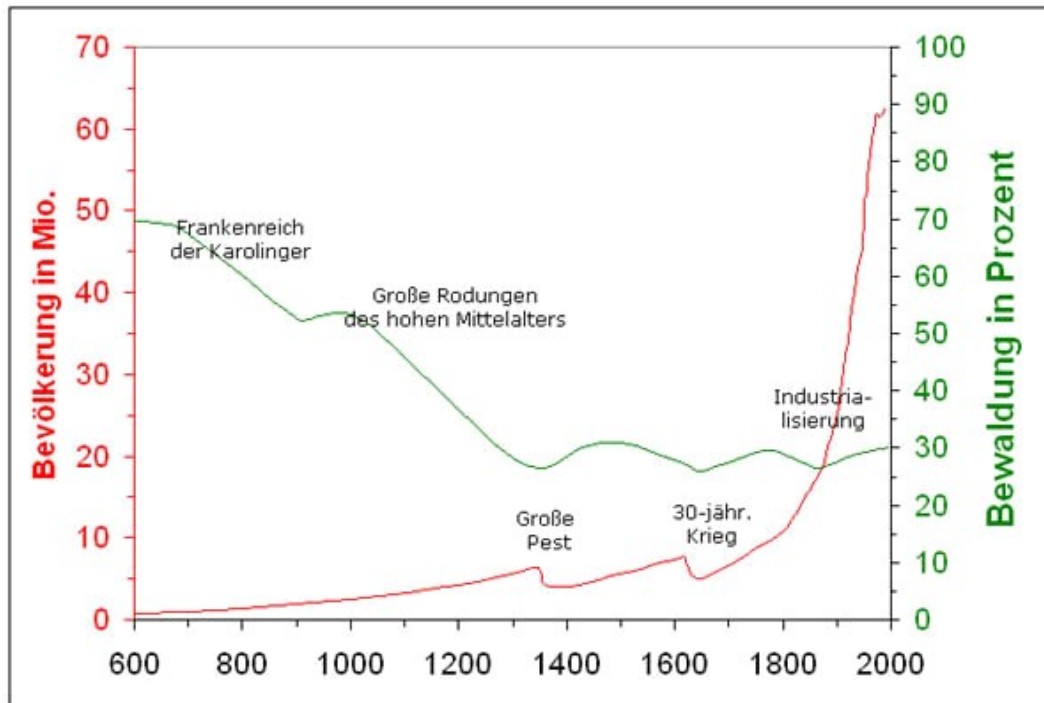


Abbildung 3: Diagramm Bevölkerung / Bewaldungsanteil in Gebiet des heutigen Deutschlands in der Zeit von 600 n. Chr. bis heute

3.3. Die kleine Eiszeit

Ein weiteres mögliches Indiz für die These ist die „kleine Eiszeit“ des Mittelalters, als die Abholzung des Waldes in fast ganz Europa mit einer Temperaturabnahme zusammen fiel. Dort sorgte dann der menschliche Eingriff durch **Rodung** für eine signifikante **Abkühlung** des Klimas. Weiterhin ließe sich der Temperaturrückgang zusätzlich damit begründen, dass damals die Drei- und Zweifelderwirtschaft praktiziert wurde und dadurch zeitweise große Ackerflächen vom Pflanzenwachstum heraus genommen wurden. Mit der Aufforstung des Waldes vor allem mit Tannen bzw. Fichten im beginnenden Industriezeitalter und der „Industrialisierung“ der Landwirtschaft aufgrund der stark ansteigenden Bevölkerungszahl war der „Kältespuk“ zu Ende und die Klimaerwärmung konnte unmittelbar in Form einer pflanzen-generierten Erwärmung der Atmosphäre anknüpfen.

Hierbei ist interessant, wie der Wald genutzt wurde. Nicht nur die Größe sondern vor allem die Dichte der Vegetation war und ist entscheidend. In einer [Studie der Uni Bonn](#) heißt es:

„Die Struktur vieler Wälder war aber bis zum Ende der Waldweide im 19. Jahrhundert

größtenteils vermutlich deutlich offener als die meisten unserer heutigen Wälder. Regional zu erheblicher Entwaldung führte auch noch einmal der massive Holzbedarf zu Beginn der Industrialisierung.“

Die Einführung insbesondere von Kohle kam wohl keinen Moment zu spät. Damit änderte sich die Waldnutzung grundlegend. Und die Aufforstung mit den schnell wachsenden Nadelbäumen in dichten Wäldern begann zusammen mit einer deutlichen Belebung des Waldbodens auch in anderen Wäldern mit all den Kleinstlebewesen, da der Boden bzw. zum Beispiel das Laub dank einer geänderten Landwirtschaft nicht mehr als Lebensgrundlage für das Vieh benötigt wurde.

3.4. Hutewälder

Die im Mittelalter bis zum Beginn der modernen Landwirtschaft praktizierte Methode der Hutewälder ist ein Beispiel für einen Eingriff in die „wild“ wuchernde Natur, der dadurch jedoch anscheinend nicht die Biodiversität der betroffenen Gebiete bedeutend verschlechterte. In einer [Studie der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt von 2013](#) lässt sich dies gut nachvollziehen. Dort sind auch einige fotografische Beispiele angeführt, an denen man die Veränderung zu mehr Vegetation bis heute eindrucksvoll sehen kann:



Abbildung 4: Hutewaldbaum - einst und heute

3.5. Entwicklung des Waldes in D und USA im 19. und 20. Jahrhundert

Im 20. Jahrhundert wurden in D und den USA Nationalparks geschaffen und riesige Wälder angelegt, in denen nach einer Aufforstung und Unterschutzstellung sich die Vegetation ungehindert ausbreiten konnte und seither kann.

Die Geschichte des Waldes in den USA und der jeweilige Anteil des Wirtschaftswaldes ist ebenfalls bedeutsam. Gerade in Alaska ist die Erwärmung doppelt so hoch (+4°C) wie im Rest der USA, „obwohl“ z.B. der Tongass-Regenwald (nach Aufforstung) seit über 20 Jahren unter Naturschutz steht und sich die Vegetation deswegen ungehindert entwickeln darf. Die Inseln in den Fjorden Alaskas scheinen wie riesige „Tauchsieder“, die sowohl die Luft als auch das Wasser per Photosynthese erwärmen können.



Abbildung 5: Insel in einem Fjord Alaskas

Ein Bericht der Zeitschrift „Spektrum“ von 13.11.2019 („[Wo das Eis noch ein bisschen überdauert](#)“) beschäftigt sich mit dem kanadischen Archipel und dort sehen Inseln so aus, von „wärmender“ Vegetation hier noch (!) kaum eine Spur:



Abbildung 6: Inseln im kanadischen Archipelago

3.6. Rückgang der Alpengletscher durch Aufforstung am Beispiel Österreichs

Der schon erwähnte Rückgang vieler Alpengletscher ist ein weiteres Indiz für die These. Dort folgt dann die Temperatur der Baumgrenze und nicht umgekehrt. Sowohl in Österreich als auch in der Schweiz werden Aufforstungen als großer Erfolg gegen den Klimawandel gefeiert. Trotzdem (bzw. wohl gerade deswegen) nimmt der Rückgang von Gletschern und Permafrost immer größere Ausmaße an. Gerade in den Sommermonaten können die aufgeforsteten Hänge dafür sorgen, dass die Wärme immer weiter Richtung Permafrostböden vordringt und wahrscheinlich sorgt diese aufsteigende Warmluft auch dafür, dass die Anzahl der Sonnenstunden immer weiter zunimmt und so der Infrarotstrahlungsanteil des Sonnenlichts direkt mehr Zugriff auf die Erdoberfläche bekommt → Verstärkungseffekt.

Zitat Wikipedia:

„Seit etwa 1980 erfolgt in Österreich, ähnlich der Temperatur, eine rasche Zunahme der Sonnenscheindauer. Teilweise ist dies der Nordwärtsverlagerung der sommerlichen subtropischer Hochdruckgebiete geschuldet, die dem Alpenraum häufiger Schönwetter bringen“.

Oder aber es ist auch teilweise wie oben beschrieben und die aufsteigende Abwärme der Bäume löst die Wolken auf.

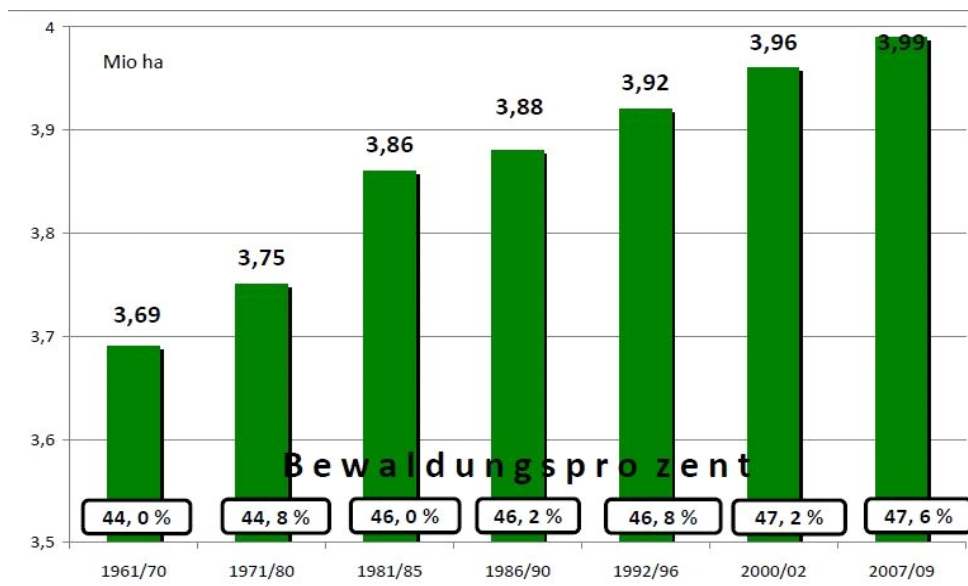


Abbildung 7: Bewaldungsanteil in Österreich

Temperaturanstieg in Österreich

Abweichung der mittleren jährlichen Lufttemperatur vom langjährigen Mittel (1901 bis 2000) in Grad Celsius

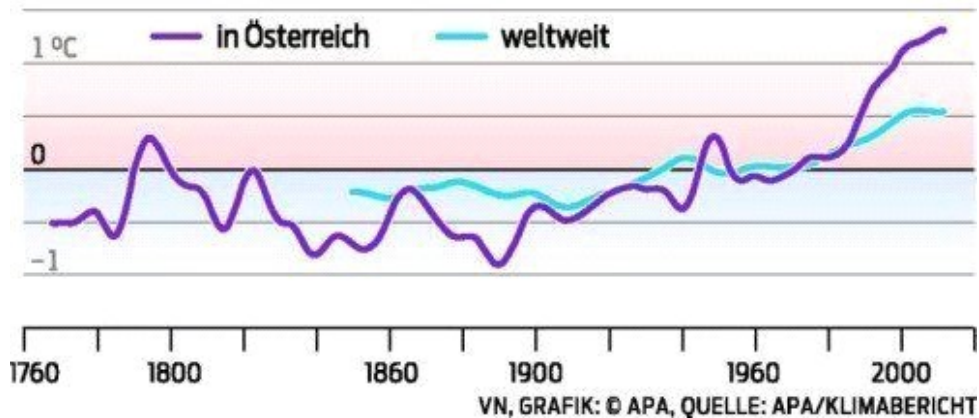


Abbildung 8: Temperaturanstieg in Österreich

3.7. Abschmelzen des Nordpols

Auch das Abschmelzen des Eises am Nordpol und das Auftauen der Permafrosts würde sich somit durch die nach Norden vordringende, sich gewissermaßen den Weg frei schmelzende Vegetation erklären lassen. Diese legt sich analog eines überdimensionalen elektrischen Heizkissens über den Permafrostboden.

Ein [Bericht der Zeitung „Welt“ vom 6.7.2015](#) nimmt sich des Themas an, kommt aber zu teilweise anderen Schlüssen bezüglich einer Erwärmungsursache:

„Die Forscher konnten zudem belegen, dass Veränderungen in der Vegetation – wie das Wachstum größerer Büsche – nicht nur Ergebnis des Klimawandels sind, sondern diesen sogar beschleunigten.

Um höhere Sträucher bildeten sich Schneeberge, die isolierend auf den Permafrostboden wirken, wie Wilmking sagte. Folge: Der Boden unter dem hohen Schnee friere im Winter nicht so stark durch wie der Boden mit wenig oder ohne Schnee. Damit werde an diesen Stellen das Auftauen des Permafrostbodens gefördert. Zersetzungsprozesse im Boden würden verstärkt, was wiederum zur verstärkten Freisetzung von Kohlendioxid und Methan in die Atmosphäre führe. „Der Rückkopplungseffekt ist in diesen Regionen daher deutlich stärker als bislang angenommen“, so Wilmking.“

Daten über eine Zu- oder Abnahme des arktischen Waldes zu finden ist nicht einfach, da sich die Aussagen teilweise widersprechen und von Raubbau, Übernutzung, aber meistens von Zunahme der Tundra und den Nadel-/Laubwäldern die Rede ist:

Die Natur reagiert

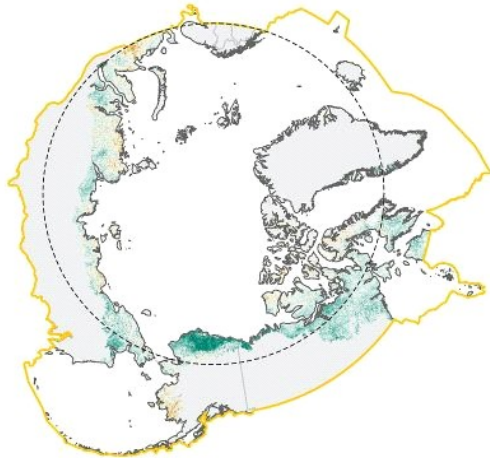
Alle Lebensformen stellen sich auf die veränderten Umweltbedingungen ein.

Die Tundra ergrünt

Satellitenaufnahmen zeigen, wie zwischen 1982 und 2017 grüne, mit Vegetation bedeckte Flächen zugenommen haben.

Die Algen wachsen

Wärmere, eisfreie Meere fördern das Wachstum des Phytoplanktons. Das Ausmaß wird auf den Satellitenbildern deutlich: Im Sommer 2017 ist es grüner als im Sommer 2003.



keine Veränderung keine Daten

Abbildung 9: Änderungen in der Arktis

- entnommen: <https://www.spektrum.de/wissen/so-rasch-wandelt-sich-die-arktis/1665542>

Richtungsweisend wäre, falls die These richtig ist, das Zurückdrängen der Vegetation rings um die Arktis, wobei wohl die immergrünen Bäume wie Tannen bzw. Fichten besonders zu beachten wären, denn diese können in den Mittsommernächten bis zu 24 Stunden ihr Wachstum mittels Photosynthese vorantreiben.

Im Zusammenhang mit dem [Borealen Nadelwald](#) heißt es:

„Der Hauptgrund für die Dominanz der immergrünen Nadelbäume ist der Umstand, dass sie ganzjährig über einen voll ausgebauten Photosyntheseapparat (d.h. Nadeln) verfügen, während Laubbäume jedes Jahr (zudem bei hohem Nährstoffbedarf) neue Blätter entwickeln müssen. Die Photosyntheseaktivität der mehrjährigen Nadeln setzt

nur aus, solange die Nadeln bei unter -4°C gefroren sind. Bei höheren Temperaturen setzt sie ohne Zeitverlust sofort wieder ein. Mit abnehmender Länge der Vegetationsperiode wird der Stoffwechsel laubabwerfender Baumarten immer unökonomischer. (Ein Schwellenwert ist die Anzahl von mindestens 120 Tagen im Jahr, an denen der Mittelwert der Tagestemperatur 10°C übersteigt.) Lediglich einige Weichlaubhölzer (insbesondere Birken und Espen) können sich auch im borealen Klima behaupten.“



Abbildung 10: Borealer Wald ringförmig um den Nordpol

D.h. bei den durch die Ausbreitung der Nadelbäume ansteigenden Temperaturen können dann auch die wärmeliebenderen und kälteempfindlicheren Laubbäume nachrücken. Dies entspricht dem Sinn der Evolution, der darin besteht, dass sich die Pflanzen (und damit die Tiere incl. Menschen) stets und unaufhörlich auf der Erde ausbreiten wollen. Leider ist dieser Vorgang keineswegs nachhaltig und durch die Aufheizung der

Atmosphäre beim Vordringen der Vegetation (Warmzeit) wird anscheinend schlussendlich ein Prozess ausgelöst, der gegebenenfalls den polnahen Zusammenbruch der gesamten Lebensgemeinschaft zur Folge hat (beispielsweise durch einen verheerenden Mega-Waldbrand, der die ganze Arktis oder einen großen Teil davon erfasst) und dadurch die nächste Eiszeit auslöst, was innerhalb recht kurzer Zeit erfolgen dürfte, da die Pflanzen bedingte Erwärmung in den Sommermonaten praktisch schlagartig auf riesigen Flächen wegfällt. Danach muss sich die „südlich verbliebene“ Vegetation wieder den Weg in den Norden frei schmelzen, was zu einer erneuten Warmzeit führt. Auf diese Weise lösen sich Warm- und Eiszeiten in unregelmäßigen Abständen ab.

(Waldflächen der wichtigsten Arktis-Anrainer-Staaten:

Russland 815 Mio. ha, Kanada 347 Mio. ha, USA 310 Mio. ha, insgesamt 1472 Mio. ha, also das ca. **128**-fache der Fläche des deutschen Waldes.)

Mit der These lassen sich somit Warm- und Eiszeiten ohne Zuhilfenahme von astronomischen Sonder-Ereignissen begründen und auch die gigantischen Tier- und Pflanzenformen der Urzeit waren eben Folge einer sich immer weiter ausbreitenden Flora und Fauna und dem daraus resultierenden Anstieg von O₂ und CO₂ in der „Urzeitatmosphäre“, die den „Treibstoff“ für das Riesenwachstum lieferten und zu höheren Temperaturen führten, da es sich um einen aufschaukelnden Prozess handelte. Auch die verschiedenen [Aussterbeereignisse](#) seit der Vorzeit könnten ihren Ausgangspunkt in dieser „unscheinbaren“ Eigenschaft der Photosynthese haben.

Der mit Beginn der Industriellen Revolution **ansteigende**, bei der Verbrennung von fossilen Treibstoffen wie Kohle, Gas und Erdöl freiwerdende **CO₂-Gehalt** der Luft fiel wie eine fast nicht auszudenkende (un-)zufällige Gleichzeitigkeit mit Aufforstung und moderner Landwirtschaft und den daraus resultierenden Abwärmern zusammen, und war dann zusätzlich noch der Startschuss für eine beschleunigte Wiederherstellung gerade dieser „Urzeitatmosphäre“ und weder Pflanzen noch Tiere noch Menschen können diesem Tempo folgen. Ausgangspunkt ist dabei die Photosynthese und hier könnte bzw. müsste man zur Zeit zielführend eingreifen ...

3.8. Weitere Beispiele

Berichte über die Ausbreitung der Vegetation weltweit seit Beginn der Industriellen Revolution(en) ließen sich fast endlos fortsetzen. Hier noch ein paar Beispiele:

Das größte zusammenhängende Waldstück in Westeuropa umfasst ca. 1.3 Mio. Hektar und entstand in Frankreich im Laufe des 19. und 20. Jahrhundert. Die sogenannten „Les Landes“ oder auch [Landes de Gascognes](#) sind rein von Menschen erschaffen und dienen der Entwässerung einer (kalten) Moor- und Sumpflandschaft.

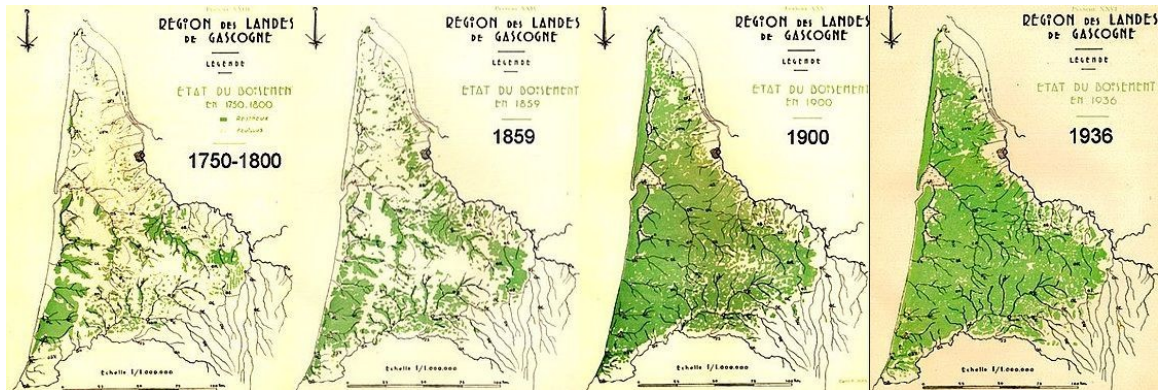


Abbildung 11: Les Landes de Gascogne - Aufforstung von 1800 bis 1936

Selbst in Äthiopien ist inzwischen der Klimawandel angekommen. Einem Bericht in der Fachzeitschrift Nature Plant zufolge (siehe [Scinexx-Artikel](#)) könnte der Kaffeeanbau in Zukunft enorm Schaden nehmen. Gerade bei Äthiopien denkt man eigentlich nicht an Aufforstung. Doch im [Wikipedia-Artikel über die Flora und Fauna Äthiopiens](#) liest man:

„Eine Aufforstung mit schnell wachsenden Eukalyptusbäumen im Jahre 1905 hat dazu geführt, dass diese heutzutage den größten Teil der Bäume Äthiopiens ausmachen. Zu einem ähnlichen Problem hat sich die in den 1970er Jahren begonnene Ansiedlung von Prosopis Juliflora in Teilen der Afar-Region entwickelt. Die extrem invasive Pflanze wird von der lokalen Bevölkerung als Bedrohung für ihre Landwirtschaft gesehen.“

Dazu kommt noch, dass eines der Hauptnahrungsmittel in Afrika inzwischen Mais geworden ist, der jedoch selbst schon unter der Erwärmung leidet und es [Versuche gibt, wärmeresistente Sorten zu züchten](#). Die möglichen Auswirkungen des Maisanbaus waren schon in Kapitel 2 Thema.

Auch in Südamerika ist die Vegetation im Vormarsch Richtung (West-)Antarktis, z.B. hat sich die Fläche des Weinanbaus in Chile in den letzten 30 Jahren mehr als verdreifacht auf über [200.000 Hektar](#). Wüstenartige Gebiete werden dafür bewässert, um dies möglich zu machen. Darüber hinaus findet selbst in Patagonien bzw. dem Feuerland eine Aufforstung mit Südbuchen und Kiefern statt.

Im übrigen ist die „Ergrünung“ der Welt nicht auf die Kontinente beschränkt. Auch die Ozeane werden durch den Eintrag von Dünger und „als Folge des Klimawandels“ immer grüner. Die Algenblüten nehmen immer weiter zu. Inzwischen wird sogar darüber nachgedacht, durch künstliche [Eisendüngung](#) die Ausbreitung der Algen in ganzen Meeresteilen zu fördern. In Anbetracht der hier vertretenen These scheint dies eine geradezu aberwitzige Idee zu sein, die Meereswassertemperaturen könnten durch die Photosynthese treibenden Algenteppeiche ungeahnte Höhen erreichen.

4. Gründe für die bisherige Unterschätzung des Erwärmungseffekts durch Pflanzen

Eine Überlegung ist nun, warum die Wärme erzeugende Wirkung von Pflanzen in der Vergangenheit keine Beachtung fand und immer noch zu wenig findet.

4.1. Geringer Wirkungsgrad bei der Photosynthese

Die Bestimmung des Vorgangs der Photosynthese ist in den letzten Jahren und Jahrzehnten in großer Genauigkeit durch neue Techniken möglich geworden. Gerade die Erforschung aller Teilaspekte der Photosynthese hat hierbei große Fortschritte gemacht.

Im Zusammenhang mit der Erderwärmung besonders interessant ist die Fragestellung zu dem äußerst geringen Wirkungsgrad. Einen bedeutenden Anteil daran hat die Sicherstellung der Überlebensfähigkeit der Pflanzen bei äußeren Bedrohungen. So sind zu viel Licht und Wärme Faktoren, die für die Pflanzen durchaus existenzbedrohend sein können. Die Evolution begegnete dieser Problematik unter anderem mit 2 Mechanismen, die hier kurz angeführt werden sollen, dem Xanthophyllzyklus und der Photorespiration.

Der [Xanthophyllzyklus](#) „ist ein Schutzmechanismus des Photosyntheseapparates höherer Pflanzen und mancher Grünalgen. Er hilft, überschüssige Anregungsenergie als Wärme abzuführen, bevor sich reaktive Sauerstoffspezies bilden.“

Die Bedeutung dieses Vorgangs lässt sich an folgender Bemerkung des Artikels über diesen Zyklus ablesen: „Man schätzt, dass 50 bis 70 % aller absorbierten Photonen durch den Zyklus in Wärme umgewandelt werden.“

Allein durch diesen Prozess geht also mehr als die Hälfte der Photonenenergie bei der Photosynthese verloren!

Der 2. Prozess ist die [Photorespiration](#). Dies ist ein äußerst komplexer Vorgang, in dessen Mittelpunkt ein Enzym steht ([RuBisCO](#)). Durch den Vorgang soll der Verlust an Kohlenstoff beim Photosyntheseprozess klein gehalten werden. Die Photorespiration dient u.a. der „Bewältigung gewisser Stresssituationen, z.B. bei hohen Lichtintensitäten, geringen bzw. hohen Temperaturen und insbesondere Wassermangel.“

Die Bedeutung dieses Vorgangs lässt wiederum an folgender Aussage festmachen:

„Dadurch, dass RuBisCO das häufigste Protein auf der Erde ist, wird die Photorespiration sogar als einer der verschwenderischsten Prozesse auf der Erde eingestuft.“

Auch hier kommt wieder zum Ausdruck, dass Pflanzen überaus viel Einfluss auf den Wärmehaushalt der Erde haben müssen.

4.2. Menschliche Sehanomalie (spektrale Hellempfindlichkeit)

U.a. ein [Werbe-Artikel über die Wirksamkeit der PAR-Strahlung bei der Photosynthese](#) sorgte dann für die nächste Verblüffung.

Zum einen ist wohl das ganze Rot-Grün-Blau-Spektrum für die Photosynthese von quantitativer Bedeutung, d.h. annähernd die Energie des gesamten RGB-Spektrums wird bei der Photosynthese verarbeitet, ein Phänomen, das, wenn man die bisherige Forschung und Lehrmeinung zu Grunde legt, erstaunt und noch wichtig sein wird.

Zum anderen ist schon seit längerem bekannt, dass das menschliche Auge im Bereich des grünen Lichts besonders empfindlich ist. Diese [spektrale Hellempfindlichkeit](#) des menschlichen Auges für die grüne Farbe sorgt dafür, dass z.B. eine vermeintlich hellgrüne Wiese in Wirklichkeit dunkler sein muss als wir es wahrnehmen.

Die folgende [Grafik](#) zeigt den zugehörigen Hellempfindlichkeits-Wellenlängen-Zusammenhang:

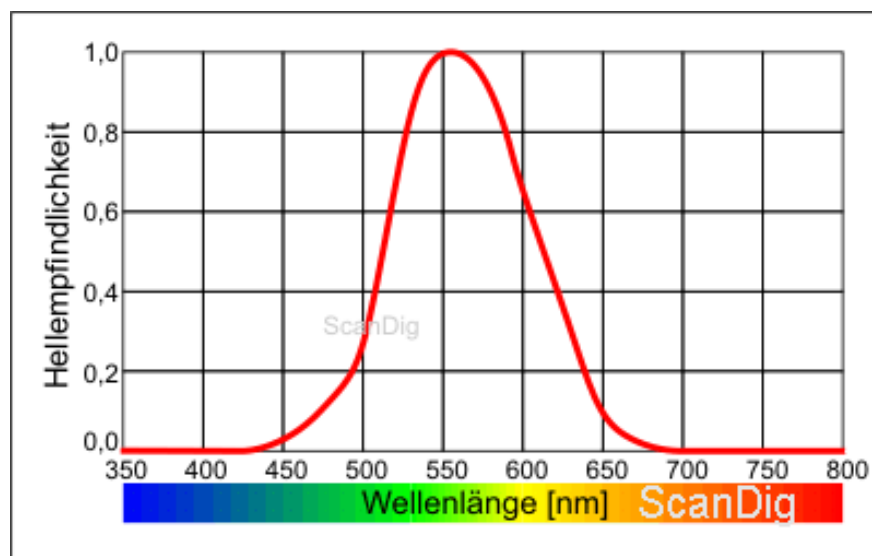


Abbildung 12: Hellempfindlichkeit in Abhängigkeit der Wellenlänge (V-Lambda-Kurve)

Die 2 Fotos auf der nächsten Seite (rechtes Bild entsprechend bearbeitet) versuchen, diesen Effekt bei einer Landschaft mit Vegetation zu simulieren:



Abbildung 13: So wie wir es sehen



Abbildung 14: So, wie es wirklich ist

Dadurch täuschen die grünen Pflanzen eine größere Helligkeit vor als sie in Wirklichkeit ausstrahlen. Die „unheilvolle“ Verdunkelung der Erde wird dadurch verschleiert. Nur Wälder schaffen es nicht ganz, gerade Nadelbäume erscheinen in Form von dunklen großen Flächen. Und nicht umsonst heißt der Schwarzwald wohl genau so. Das obige linke Foto zeigt dies für einen Alpenhang sehr eindrucksvoll.

Die Existenz dieser Hellempfindlichkeit ist äußerst wichtig für die Bewertung der Vegetation bei der Erderwärmung und muss deshalb etwas genauer betrachtet werden.

Als unbedarfter Mensch, der sich die Außenwelt mit Hilfe seiner Augen erschließt, kann man sich diesen Effekt wahrlich nicht vorstellen, widerspricht er doch allen seit frühester Kindheit gemachten Seh-Erfahrungen. Eine grüne Wiese sieht doch genauso hell aus wie ein sich daneben befindliches „gleich helles“ rotbraunes Feld. Und auch ein Schwarz-Weiß-Foto sieht abgesehen von der Farbe „sehr natürlich“ aus. Da dort keine grünen Farben vorhanden sind, sollte doch dann wenigstens hier die Vegetation bemerkbar dunkler erscheinen. Tut sie aber nicht!

Die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges wurde 1924 (erstmalig?) veröffentlicht und empirisch ermittelt. (In Anhang 1 habe ich versucht, eine alternative Theorie zur Ermittlung dieser Eigenschaft zu begründen.)

Das Absorptionsspektrum für das Chlorophyll wurde bereits weit vorher bestimmt. Ein hierfür richtungsweisendes Experiment war der [Engelmansche Bakterienversuch](#) im Jahr 1883, der nachweisen konnte, dass Pflanzen im grünen Licht „photosynthetisch erheblich inaktiver“ waren. Der Grund für den sich dabei eingeschlichenen **Messfehler** lässt sich in der 150-jährigen Geschichte der Spektralanalyse festmachen. Die Helligkeiten der einzelnen zu untersuchenden Farben von Proben wurde durch Vergleich

mit anderen Farben **per Augenschein** gewonnen. Somit musste aufgrund der Hellempfindlichkeit ein „dunkles“ Grün vermeintlich genauso hell erscheinen wie ein viel helleres Blau oder Rot.

Vergleicht man das so ermittelte Chlorophyll-Absorptionsspektrum mit dem Diagramm der Hellempfindlichkeit und verknüpft die entsprechenden Werte miteinander, entsteht ein annähernd gleichmäßiger Absorptionsverlauf über den gesamten Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts. Die „Grünlücke“ und die grüne Farbe der Pflanzen sind somit weitgehend nur eine Illusion durch die Sehanomalie!

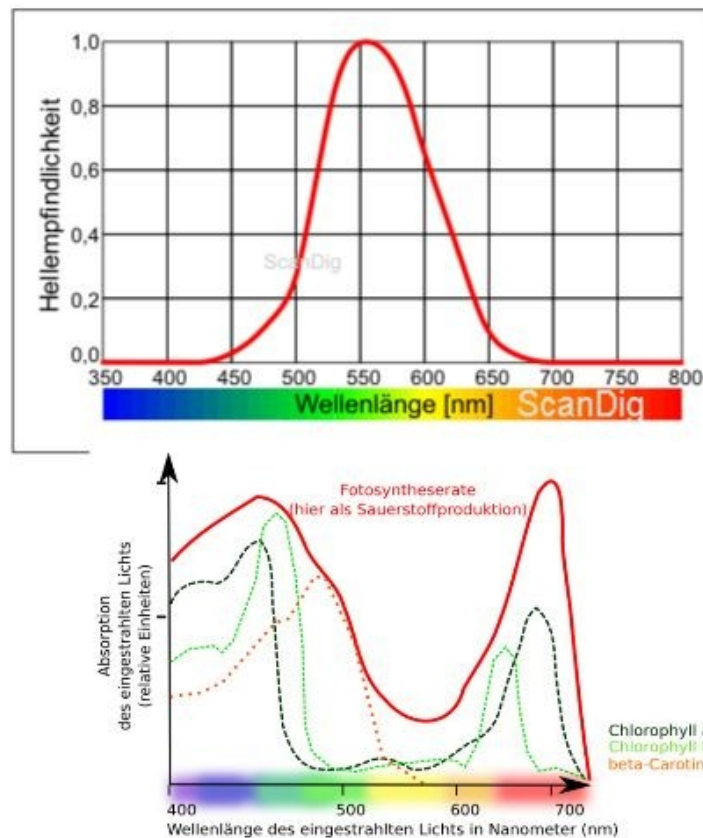


Abbildung 15: Vergleich Hellempfindlichkeit mit Photosynthese- bzw. Chlorophyll-Spektren

Es konnte sich so ein Fehler einschleichen, der bis heute nachwirkt. Und gerade bei der Klimaforschung könnte sich dies als sehr problematisch erweisen. Im Kapitel 5 wird erläutert, warum selbst die heutzutage vorgenommenen elektronischen Messungen diesen klimarelevanten Messfehler wahrscheinlich aufweisen.

Zur Erläuterung, warum selbst auf Schwarz-Weiß-Fotos die Helligkeit von Pflanzen „total normal“ aussieht, muss man die Geschichte der Schwarz-Weiß-Fotografie nachvollziehen. Erklärtes Ziel war die Darstellung der Welt so, wie sie ist, bzw. eben so, wie man sie **durch die Augen** sieht.

Es mussten lichtempfindliche Stoffen gesucht und gefunden werden, die die belichteten Bilder möglichst „naturgetreu“ wiedergaben. Daraus resultiert, dass alle Stoffe, die die Pflanzen „energietechnisch“ korrekt, d.h. zu dunkel erscheinen ließen, von vornherein ausgeschlossen wurden.

Die Wahl fiel schließlich auf eine lichtempfindliche Silberverbindung: [Silberbromid](#).

Dabei handelt es sich um ein weißes bis blassgrün-gelbliches (!) Pulver. Das lässt vermuten, dass die optischen Eigenschaften dieses Stoffes der Hellempfindlichkeit schon ein wenig nahe kamen und er deshalb vielversprechend erschien. Da das Silberbromid aber auch noch nicht zu einer naturgetreuen Darstellung führte, musste man eine [spektrografische Sensibilisierung](#) durchführen, erst die orthochromatische und dann schließlich die heute üblichere panchromatischen Sensibilisierung. Damit besitzt die Filmemulsion erst die Eigenschaft, die die Bilder wie gewünscht subjektiv korrekt darstellt. Von einer Objektivität kann also keine Rede sein. Alle analogen **Farbfilme** bauten dann auf diesem System auf. Selbst die ersten [Belichtungsmesser](#) in Form von einfachen Luxmetern berücksichtigten schon die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges.

Für die Darstellung der Farbwahrnehmung u.a. bei elektronisch erzeugten Bilder (Fernsehen und Computermonitore) wurde das [CIE-Normvalenzsystem](#) eingeführt. Damit lassen sich Bildpunkte bezüglich der Helligkeit farblich vergleichen und an das menschliche Sehvermögen anpassen.

Als Beispiel für die Auswirkung dieses Verdunkelungs-Effekts ein Vergleich zwischen (gewünschter) Erwärmung und (erhoffter) Abkühlung bei Auswahl der Farbe bzw. der Helligkeit eines Körpers auf den Vorgang:

Eine Campingdusche ist bewusst schwarz, um die Photonenstrahlung des Sonnenlichts bestmöglich zu absorbieren und in Wärme umzuwandeln, während man auf der Zugspitze bis 2012 verzweifelt versuchte, den letzten kleinen Rest Gletscher mit Hilfe einer weißen Plane auf weißem Schnee über den Sommer zu bekommen, indem neben der Isolierung der Schneedecke möglichst viel Photonenstrahlung Richtung All zurückgestrahlt werden sollte. Man wusste genau, warum eine dunkle Plane keine gute Idee gewesen wäre ...



Abbildung 17:
Campingdusche



Abbildung 16: Rettungsversuch auf
Zugspitze

Die Alpenhänge sehen inzwischen teilweise aus, als ob man dort unzählige Campingduschen aufgehängt hätte, d.h. unten (am Hang) erzeugen Bäume die Wärme, die man oben (am Gletscher) eigentlich nicht haben möchte.

Um einen Eindruck davon zu bekommen, wie sich die Alpen zwischen Mittelalter und heute verändert haben, kann man leider nicht auf Fotos von damals zurückgreifen. Nur mit Hilfe von Gemälden, die in der Zeit erstellt wurden lässt sich dies vermuten. Hier soll deshalb ein Ölbild von Pieter Bruegel dem Älteren („[Jäger im Schnee](#)“) verglichen werden mit einem Foto von Grainau aus heutiger Zeit. Der Unterschied ist deutlich zu erkennen. Die Vegetation war weitaus sparsamer als heute.



Abbildung 18: Jäger im Schnee 1565



Abbildung 19: Grainau (Zugspitze) 21.Jh.

4.3. Klimatechnische Bewertung der Erdverdunkelung

Die Klimaforschung benutzt zur Quantifizierung dieses Verdunkelungseffekts das Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$T = \sqrt[4]{\frac{(1 - alb) \cdot P}{rho \cdot A}}$$

T = „Basistemperatur“ vor Treibhauseffekt (ohne Atmosphäre)

alb = Erd-Albedo (Zahl zwischen 0 und 1, je nach prozentualer Rückstrahlung des „Sonnenlichts“)

rho = Stefan-Boltzmann-Konstante = $5,67 \cdot 10^{-8}$

P/A = Flächenbezogene Leistung (der Sonnenstrahlung)

Die Erd-Albedo ist hierbei der Mittelwert aller Oberflächen der Erde, die die einfallende Strahlung entsprechend ihrer Eigenschaften wieder ins All zurückwerfen. Die folgende Grafik zeigt das Prinzip:

Die Albedo ist das Reflexionsvermögen einer Oberfläche. Angegeben wird die Höhe der Reflexion in Prozent. Wird das Sonnenlicht nicht reflektiert, sondern absorbiert, erwärmt sich der Körper und die umgebende Luftschicht.

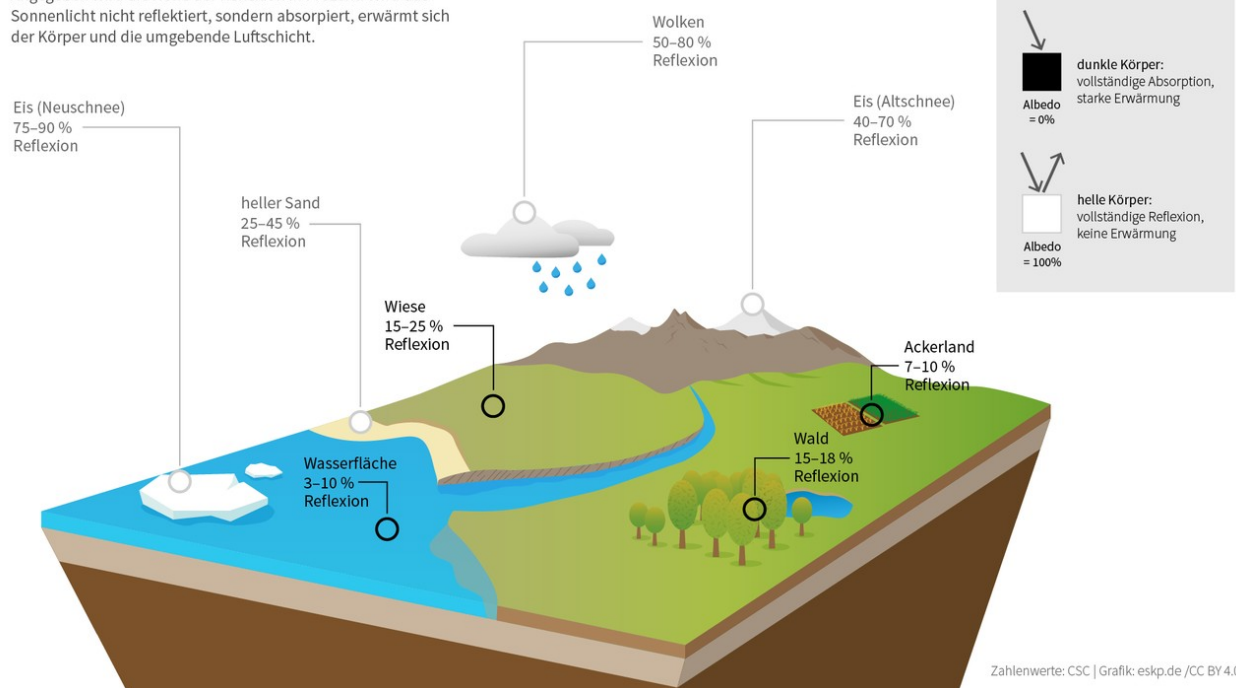


Abbildung 20: Von eskp.de – Wissensplattform **Erde und Umwelt**, eskp.de, CC-BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48547503>

Die zunehmende Verdunkelung der Erde durch die sich ausbreitende Vegetation sorgt für eine Erniedrigung der Albedo. Daraus resultiert dann zwangsläufig eine Erhöhung der mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz errechneten „Basistemperatur“.

Bei der im [Wikipedia-Artikel über den Treibhauseffekt](#) angegebenen (als konstant angenommen!?) Erd-Albedo von 0,3 ergibt sich eine Temperatur von -18°C . Setzt man in die Gleichung z.B. 0,25 ein ergibt sich eine Temperatur von -14°C , also 4K mehr!

Damit wird eben aufgrund des natürlichen Treibhauseffekts aus $(-18^{\circ}\text{C}+33\text{K})=15^{\circ}\text{C}$ Durchschnittstemperatur eine solche von $(-14^{\circ}\text{C}+33\text{K})=19^{\circ}\text{C}$, also eine Erderwärmung von 4K.

D.h. je dichter die Vegetation auf der Erde ist, umso kleiner ist der Albedo-Wert und die Temperatur T ist höher als die oben schon erwähnten -18°C .

5. Betrachtung der Bestimmung der klimarelevanten Messgröße „Albedo“

5.1. Probleme bei den veröffentlichten Werten

In den letzten Kapiteln wurde nun herausgearbeitet, dass die Vegetation zur Erderwärmung beiträgt. Wenn man von einer Zunahme der Vegetation seit Beginn der Industriellen Revolution und auch noch in den letzten 30 Jahren ausgeht, was an vielen Beispielen deutlich gemacht werden konnte, dann hat dies zur Folge, dass eine Verdunkelung der Erde, d.h. eine Abnahme des Erdalbedo-Wertes zwingend beobachtet werden muss.

Bei einer Überprüfung der von der NASA zur Verfügung gestellten Daten fällt jedoch auf, dass für die gemessene Erdalbedo während der letzten 20 bis 30 Jahre ein relativ konstanter Wert angegeben ist.

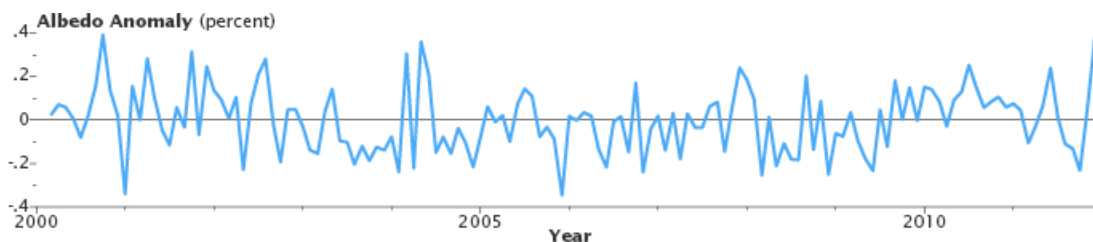


Abbildung 21: Gemessene Erdalbedo-Abweichung zwischen 2000 und 2011

Auf der entsprechenden [NASA-Seite](#) von 2014 heißt es:

„Taken across the planet, no significant global trend appears. As noted in the anomaly plot below, global albedo rose and fell in different years, but did not necessarily head in either direction for long.“

Andererseits findet man beim Wikipedia-Eintrag über die [Eis-Albedo-Rückkopplung](#) folgenden Hinweis:

*„... Laut der Studie beläuft sich der zusätzliche **Strahlungsantrieb**, der in den letzten 30 Jahren durch eine Verringerung der Eis-Albedo-Rückkopplung entstand, auf ca. 0,45 W/m² bzw. 30% des Strahlungsantriebs des seit der Industrialisierung vom Menschen emittierten CO₂ und liegt damit doppelt so hoch wie in aktuellen Klimamodellen angenommen wird. Die Ursachen sind unklar und nicht notwendigerweise in der globalen Erwärmung zu finden.“*

Mit dem Wert der Erdalbedo steht und fällt zum Großteil die in dieser Abhandlung vertretene Pflanzenerwärmungsthese. D. h., wenn die Daten der NASA korrekt sind, ist diese These nicht mehr plausibel und kann schlecht weiter aufrecht erhalten werden.

5.2. Verfahren zur Bestimmung der Erdalbedo-Werte

Doch stimmen die von der NASA veröffentlichten Werte in Bezug auf die Erderwärmung überhaupt?

Dazu muss man sich mit der Bestimmung des Erdalbedo-Wertes beschäftigen.

Es sind hierfür (mindestens) 2 verschiedene Verfahren entwickelt worden:

Die Meteorologie benutzt ein Messgerät, das sinnigerweise Albedometer heißt. Es besteht aus 2 baugleichen [Pyranometern](#), die entgegengesetzt nach oben und nach unten an einem Gestell ausgerichtet sind. Vereinfacht dargestellt werden mit den beiden Messgeräten die jeweils einfallenden Lichtstrahlen einem Schwarzkörper zugeführt und die durch Absorption des gesamten einfallenden Lichtspektrums erzeugte Wärme jeweils mit einer Thermosäule in eine elektrische Spannung umgewandelt. Die entstehende elektrische Spannung ist (einigermaßen) direkt proportional zu der dem Gerät über den gesamten Wellenlängenbereich zugeführten Wärme relevanten Lichtenergie. Das Verhältnis aus Spannungswert von unten und Spannungswert von oben ist dann der zu bestimmende (Erd-)Albedo-Wert. Dieser Wert ist im Rahmen der Messgenauigkeit des Versuchsaufbaus klimabezogen durchaus korrekt.



Abbildung 22: Pyranometer

Ein Nachteil ist, dass man mit dieser statische Messung nur einen winzigen Bereich der Erdoberfläche bezüglich eines Albedo-Wertes überprüfen kann. Zudem ist die Messung relativ zeitaufwändig, da man eine gewisse Temperaturzunahme des Schwarzkörpers abwarten muss, damit der Messwert aussagekräftig wird.

Es ist klar, dass man mit solch einem Verfahren unmöglich einen Gesamt-Erdalbedo-Wert bestimmen kann.

Deswegen wurde inzwischen ein anderes Verfahren entwickelt, das direkt das „Licht“ misst und daraus unmittelbar den Wert softwaregestützt errechnet.

Man verwendet hierzu ein Spektroradiometer bzw. ein oder mehrere Spektrometer, die beispielsweise in Flugzeuge oder Satelliten eingebaut werden, wobei auch hier analog zum Albedometer im einfachsten Fall ein solches Messgerät Richtung Sonne zeigt und ein anderes auf die Erdoberfläche gerichtet ist.

Befasst man sich mit der Messweise, stellt man fest, dass die mit einem Spektrometer erzielbare Messgröße der **Lichtstrom** ist.

Dieser Lichtstrom ist aber denkbar ungeeignet zur Messung der Erd- bzw. Bodenalbedo. Dazu ist es nötig, die Definition dieses Messwertes zu Hilfe zu ziehen.

Sie lautet:

*„Lichtstrom ist eine photometrische Größe, die angibt, wie viel für das menschliche Auge wahrnehmbares Licht eine Lichtquelle pro Zeiteinheit abstrahlt. Er entspricht der physikalischen Strahlungsleistung, **berücksichtigt aber zusätzlich die Empfindlichkeit des menschlichen Auges.**“*

Dieser Messwert gewichtet also die absolute Strahlungsleistung mit der menschlichen relativen Hellempfindlichkeit, es ergibt sich dadurch ein Effekt, wie er im letzten Kapitel dargestellt wurde. Grün abstrahlende Flächen bekommen dadurch eine „gefühlte Helligkeit“, die gegenüber der „tatsächlichen“ klimarelevanten Helligkeit deutlich erhöht ist.

Um zu sehen, wie ein solcher gemessener Wert in der momentanen Forschung verwendet wird, habe ich die eher zufällig durch „Googelei“ gefundene Dissertation von 2013

[„Einfluss der Bodenalbedo und Bodenreflektivität von urbanen Oberflächen auf die Ableitung der optischen Dicke von Aerosolpartikeln aus Satellitenmessungen“](#)

auf die dort verwendete Messmethodik betrachtet.

Erfreulicherweise sind in dieser Arbeit die verwendeten Messapparaturen und die daraus resultierenden Kalibrier- und Messarbeiten ausführlich dokumentiert.

Das verwendete Spektrometer funktioniert, vereinfacht dargestellt, so, dass ein einfallender Lichtstrahl „auf geeignete Weise“ in seine Spektralfarben zerlegt wird und dieser aufgefächerte Wellenlängenbereich auf eine Photodiodenzeile trifft. Dadurch kann dann für jede Wellenlänge bzw. einen bestimmten Wellenlängenbereich der entsprechende Lichtstrom ermittelt werden.

In der Dissertation wird beispielsweise das Spektrometer MCS 55 UV/NIR von Zeiss verwendet. Dieses enthält als Photodiode eine Silizium-Fotodiode S3904-512Q.

Um die Gewichtung der Ausgabewerte dieses Arrays zu überprüfen muss man das entsprechende [Datenblatt\(1\)](#) zu Rate ziehen. Dort kann man die „Spectral response“ ermitteln.

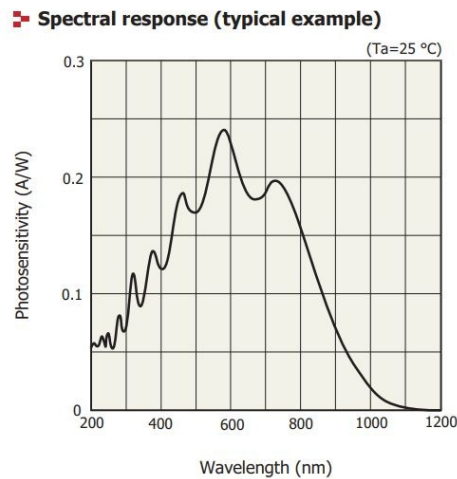


Abbildung 23: „Spectral response“ des Diodenarrays S3904-512Q

Man erkennt ein Maximum im Bereich zwischen 550 und 600 nm. Noch deutlicher wird das Problem, wenn man das [Datenblatt\(2\)](#) einer handelsüblichen einfachen Silizium-Fotodiode für den sichtbaren Spektralbereich (BPW21) betrachtet, wo direkt erkennbar ist, dass der ermittelte Helligkeitswert für das sichtbare Licht mit der Empfindlichkeit des menschlichen Auges gewichtet wird, es sich also tatsächlich annähernd um einen Lichtstrom-Wert handelt (gestrichelte Linie entspricht der in einem früheren Kapitel erläuterten V-Lambda-Kurve).

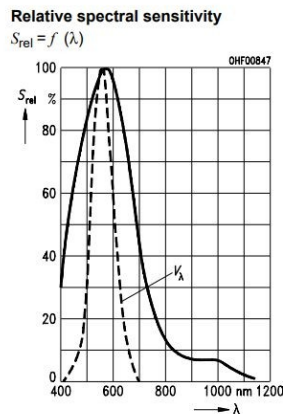


Abbildung 24: Kurve für Fotodiode BPW21

Zusätzlich wird lt. Doktorarbeit zur Kalibrierung eine Ulbrichtkugel verwendet, die gemäß Definition ebenfalls bei Lichtstrom-Messungen eingesetzt wird.

Um den für die Klimaforschung Wärme relevanten absoluten Helligkeitswert für die gemessenen Wellenlängen zu erhalten, muss der mit einem Spektrometer ermittelte Lichtstromwert mittels der V-Lambda-Kurve zurückgerechnet werden bzw. analog der „Empfindlichkeitskurve“ der verwendeten Photodiodezelle.

Wie es aussieht, wird jedoch bei den Messungen auf diesen Schritt verzichtet. In der Dissertation wird an keiner Stelle auf diesen Vorgang, der doch so essentiell wichtig wäre für eine korrekte Messung, eingegangen. In keiner Informationsquelle findet man Aussagen zu einem Zusammenhang zwischen Albedo und Hellempfindlichkeit.

Analog zu solchen flugzeuggestützten Messsystemen werden auch bei der Satellitenmessung der NASA entsprechende Systeme verwendet. Dadurch sind zwar die gemessenen Werte zwischen diesen beiden luft- bzw. weltraumgestützten Systemen vergleichbar und stimmen überein, sie sind aber eben beide **falsch**.

Es zeigt sich also, dass ein Spektrometer gänzlich ungeeignet für die Bestimmung des Erdalbedo-Wertes ist.

Somit wären alle von der NASA in den letzten 20 Jahren veröffentlichten Erdalbedo-Werte systematisch zu hoch! Durch die Missachtung der menschlichen Sehanomalie konnte dadurch ein Rückgang des Albedowertes durch die Ausbreitung der Vegetation nicht festgestellt werden.

Dieses Ergebnis scheint überraschend und erschreckend zugleich, ergibt sich jedoch zwingend aus den Überlegungen der vorigen Kapitel.

Es ist dringend geboten, diese (Noch-)Behauptung zu überprüfen!

Doch was wäre, wenn der Albedowert selbstverständlich richtig ermittelt wurde und dennoch keine Abnahme des Wertes zu beobachten wäre? Sind dann die Pflanzen „aus dem Schneider“?

Keineswegs! Es könnte ja noch sein, dass in dem entsprechenden Zeitraum die Wolkenbedeckung zugenommen hat und die dadurch resultierende Reflexion des Sonnenlichts, analog zur Reflexion an den weißen Polflächen. Dazu gibt es ebenfalls satellitengestützte Messungen, deren Ergebnisse folgende Grafik wiedergibt:

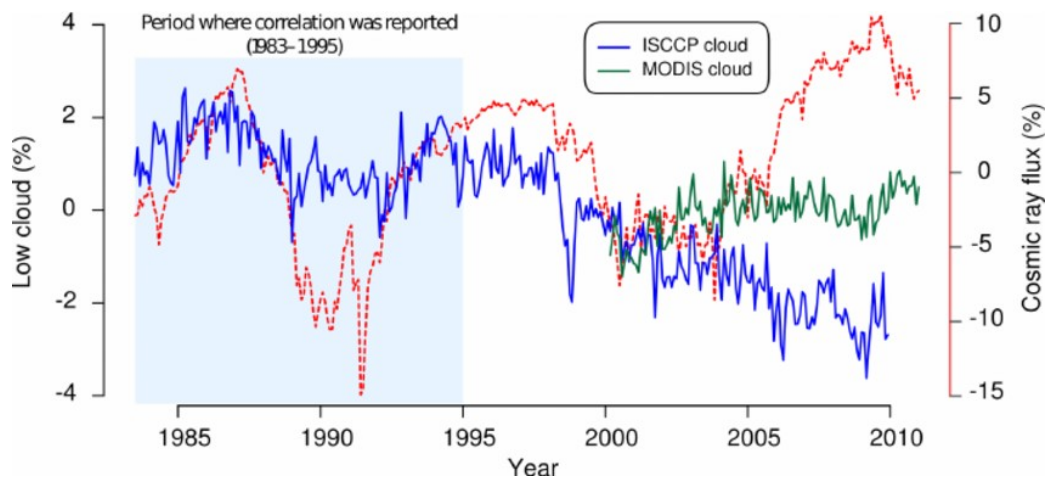


Abbildung 25: Low-level-cloud-cover-estimated-from-ISCCP-and-MODIS-adapted-from-Laken-et-al

Man erkennt, dass es systembedingt zu Unstimmigkeiten zwischen 2 verschiedenen Messreihen kommt (genau im Zeitraum 2000-2010..., in dem auch die die oben beschriebene Albedomessung statt fand) und dass tendenziell die Wolkenbedeckung maximal gleich geblieben ist, wahrscheinlicher aber sogar abnahm. Vorausgesetzt, diese Messungen sind richtig, hätte aber auf jeden Fall der Albedowert **fallen** müssen. Das Vorliegen eines systematischen Messfehlers ist dadurch praktisch bewiesen.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass einer der neueren Erdbeobachtungssatelliten, [Proba-V](#) („das V steht für Vegetation“), mit Kameras ausgestattet ist, die noch nicht einmal mehr das grüne Licht verarbeiten. Bei der Beobachtung von Pflanzen spielt also die grüne Farbe keine Rolle mehr:

„Die Kameras haben jeweils einen VNIR-Sensor (sichtbares und nahes Infrarotspektrum) und einen SWIR-Sensor (kurzwelliges Infrarotspektrum). Die VNIR-Sensoren benutzen drei Detektoren (für **blaues, rotes** Licht und das **nahe Infrarotspektrum**).“

5.3. Das Rote-Kante-Missverständnis

Wenn man sich nun fragt, warum die in der Vergangenheit erstellten Energiebilanzen für die Atmosphäre so überzeugend sind und die Pflanzen darin keine eigene aktive Rolle spielen, muss man die Antwort darauf in der Interpretation eines diesen Bilanzen zugrunde liegenden Vorgangs suchen.

Ein dafür interessanter Ansatzpunkt ist die sogenannte [Rote Kante](#). Damit wird ein Phänomen bezeichnet, das im Bereich der Fernerkundung und zur Auswertung von Vegetationen auf der Erde rege Verwendung findet.

Das Phänomen beschreibt die Beobachtung, dass Pflanzen im Grenzbereich zwischen rotem und Infrarot-Licht einen deutlichen Anstieg der messbaren Strahlung aufweisen, wobei die Schärfe und Höhe dieses Strahlungsanstiegs mit der Gesundheit der Pflanzen korrelieren, d.h. man kann sogar Aussagen über den Zustand eines Vegetationsbereichs der Erdoberfläche machen. Dafür wurde ein Index ([NDVI](#)) eingeführt, der diesen Vorgang quantifiziert.

Hierbei wird bisher davon ausgegangen, dass die Strahlungserhöhung eine **Reflexion** am Blatt der Pflanzen bedeutet. Der Text [Information zum NDVI-Index und zu NDVI-Bildern](#) versucht dies zu erläutern und enthält folgende Grafik:

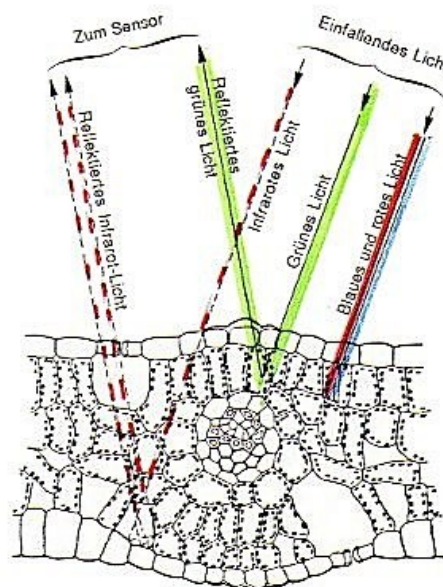


Abbildung 26: Fälschlich angenommene Reflexion von Strahlung an einem Blatt

Hier wird schnell deutlich, was das Problem an dieser Darstellung ist. Es beruht auf

der Annahme, dass der Grünanteil des Sonnenlichts bei der Photosynthese keine Rolle spielt und direkt reflektiert wird, was zur grünen Farbe der Pflanze führen soll. Doch aufgrund der wahren Zusammenhänge, die in den vorigen Kapiteln herausgearbeitet wurden, entspricht dies jedoch nicht der Realität. Das grüne Licht wird wie das rote und blaue Licht von der Pflanze absorbiert, wodurch eine Abstrahlung im Infrarotbereich stattfindet. Der fälschlicherweise angenommene Reflexionsanteil ist in Wirklichkeit die Abwärme aus dem Photosyntheseprozess. Der eingezeichnete Grünlicht-Vektor vom Blatt und der korrespondierende Anteil des Infrarotlicht-Vektors zum Blatt ist jeweils **nicht existent**. Die Energiebilanzen ändern sich dadurch prinzipiell nicht, nur die Ursache für die Erwärmung der Atmosphäre liegt anteilig nicht mehr in dieser selbst (Treibhausgase), sondern in der Photosynthesetätigkeit der die Erdoberfläche weiträumig bedeckenden Vegetation.

Alles in allem scheint es angebracht, die entsprechenden Energiebilanzen der Sonnenstrahlung bezüglich dieser Auswirkung der Vegetation zu überprüfen und zu ergänzen.

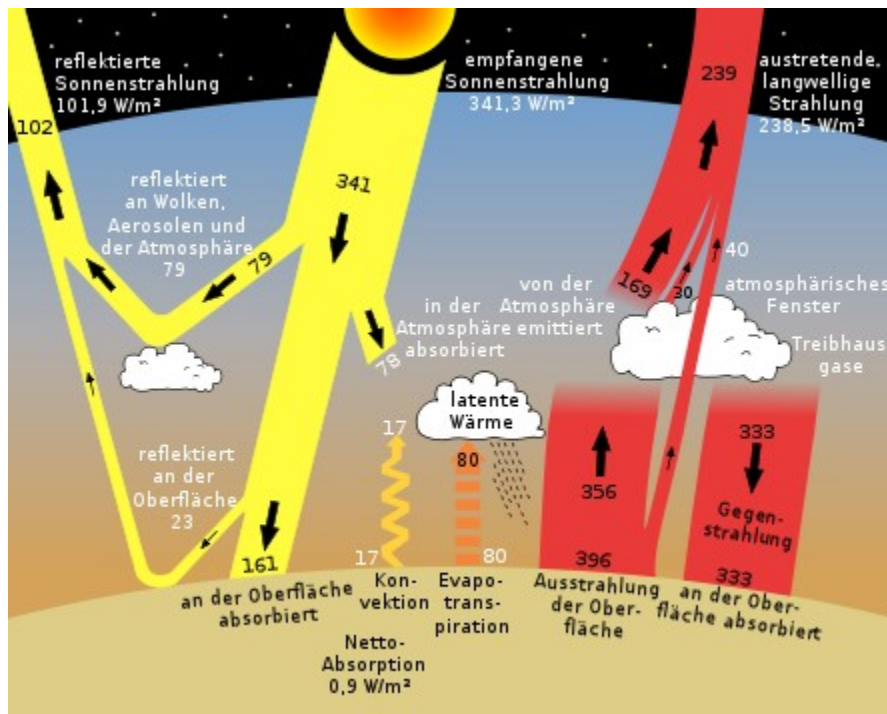


Abbildung 27: Schaubild Energiebilanzen ohne Berücksichtigung von Vegetation

6. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

Ein gewichtiges Problem bei der veränderten Betrachtung des Klimasystems ist die Frage, warum die bestehenden Klimamodelle so gut passen und die zur Zeit gemessenen Temperaturwerte mit denen übereinstimmen, die vor einiger Zeit vorausgesagt wurden. Anhand der vorigen Kapitel sollte deutlich geworden sein, dass der „Missing Link“ die Pflanze ist. Der gleichzeitige Anstieg von CO₂ und Vegetation mit und nach Beginn der Industriellen Revolution ist einem vorhersehbaren Zufall geschuldet.

Die recht gute Vorhersage bisheriger Erforschungen soll hier noch für einen Teilaspekt vermutet werden.

Durch die Untersuchungen von Eisbohrkernen konnte die Wissenschaft wertvolle Erkenntnisse über die Klimabedingungen der letzten hunderttausende Jahre gewinnen.

Doch bei näherer Betrachtung kann man erkennen, dass hierbei die Rolle der Vegetation nicht oder nur unzureichend festgestellt werden kann. Denn wenn man eine Eissäule, die seit beispielsweise 800.000 Jahre besteht, bergen kann, ist dies ein Zeichen dafür, dass an dieser Stelle über diesen langen Zeitraum keinerlei Vegetation möglich war, man also auch nur indirekte Aussagen vor allem über die **Quantität** einer Flora und Fauna in einer kleineren oder auch größeren Umgebung um die Bohrstelle herum machen kann. Man erkennt also nur die Spuren der entsprechenden Kohlenstoffkreisläufe der Tiere und Pflanzen, die diese in Form der Ausscheidungsprodukte O₂, H₂O, CO₂ und Temperatur hinterlassen haben.

Der Zusammenhang

CO₂ → Temperatur

müsste somit künftig lauten:

CO₂ → Pflanzen+Tiere → Temperatur(+CO₂+O₂)

6.1. Prüfung der These an Beispielen in der Vergangenheit

Zum Schluss ist es noch interessant, bekannte Klima-anomalien oder wissenschaftliche Dispute darüber in Bezug auf teilweise widersprüchliche Studien zu überprüfen, um zu versuchen, diese mit der neuen These in Einklang zu bringen.

Dazu sollen hier 3 Klima-anomalien betrachtet werden, die in Bezug auf unsere Klimasituation von Interesse sind.

6.1.1.PETM

Die erste Anomalie ist das Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum (PETM).

Lt. Wikipedia heißt es:

*„Das **Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum (PETM)** vor etwa 55,8 Millionen Jahren war eine nach geologischen Maßstäben sehr kurze, aber extreme Erwärmungsphase, deren Dauer je nach wissenschaftlicher Analyse auf 170.000 bis 200.000 Jahre veranschlagt wird. Der damalige globale Temperaturanstieg erfolgte auf der Basis eines bereits vorhandenen Warmklimas und war mit einem stark erhöhten Eintrag von Treibhausgasen in die Erdatmosphäre und Weltmeere verbunden. Während des PETM stieg die globale Temperatur innerhalb von wahrscheinlich 4.000 Jahren um durchschnittlich 6 °C (nach anderen Studien kurzzeitig um bis zu 8 °C) von etwa 18°C im späten Paläozän auf mindestens 24°C am Beginn des Eozäns.*

....

*Über den benötigten Zeitraum vom Beginn der Erwärmung bis hin zur Erreichung des Temperaturmaximums gibt es in der Wissenschaft eine Reihe unterschiedlicher und zum Teil widersprüchlicher Angaben. Während bis vor Kurzem eine „Anlaufzeit“ von rund 18.000 Jahren als realistischer Wert angesehen wurde, beruft sich eine im Jahr 2013 erschienene Publikation auf eine Sedimentfolge im Marlboro-Ton des Salisbury Embayments, die nach Isotopenmessungen eine Freisetzung von **3.000 Gigatonnen Kohlenstoff in nur 13 Jahren** nahelegt.*

Diese These fand in der wissenschaftlichen Literatur jedoch kaum Unterstützung und führte zu mehreren kritischen Stellungnahmen.

*Die Autoren einer im März 2016 erschienenen Studie veranschlagten die Dauer der Erwärmungsphase auf annähernd **4.000 Jahre.**“ - Zitat Ende -*

Der wissenschaftliche Disput bezieht sich also auf den unterschiedlichen Zeitraum, in dem das CO₂ freigesetzt wurde und die Dauer der Erwärmungsphase.

Wenn man nun einmal annimmt, dass beide Studien richtig sind, dann würde das nichts anderes heißen, als dass die schnelle Freisetzung des CO₂ nicht „sofort“ zu einem Temperaturanstieg führte, sondern es in den folgenden 4000 Jahren zu einer üppigen, natürlich bedingten Ausbreitung der Vegetation kam, die dann letztendlich zur Erderwärmung führte mit all den Folgen, die wir auch heute beobachten können. Somit wäre der vermeintliche Widerspruch zweier ernstzunehmender wissenschaftlicher Studien in diesem Fall gar keiner.

6.1.2. Das Schneeball-Erde-Phänomen

Wie bei manch anderen Forschungsthemen zu Ereignissen in der Vergangenheit kommen auch hier verschiedene Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Das [Schneeball-Erde](#)-Phänomen beschreibt einen Zustand der Erde, als diese praktisch vollständig mit Eis und Schnee bedeckt war bzw. gewesen sein soll.

Eine Studie von 2018 ([„Die Erde gefror in kürzester Zeit“](#)) ist davon überzeugt, dass dieser Zustand mehrere Male eintrat:

„... Innerhalb von nur 1000 bis maximal 100 000 Jahren gefror dann die Erde vollständig zu einem Eisball. Dabei verstärkte sich der Prozess für geologische Verhältnisse rasend schnell selbst, denn je mehr Eis sich bildete, desto stärker kühlte sich der Planet wegen der zunehmenden Albedo weiter ab. ...

Beendet wurde sie (die Sturische Eiszeit, Anm.) womöglich durch verstärkte vulkanische Aktivität. Die Lava fraß sich durch die Gletscher, anschließend reicherte sich Kohlendioxid in der Atmosphäre an, was letztlich den Treibhauseffekt wieder verstärkte und so die Erde erwärmte.“

Eine andere Studie von 2008 ist durchaus skeptischer ([„Die Erde ist wohl nie ein Schneeball gewesen“](#)). Hier heißt es:

„ ... Sie (die Forscher, Anm.) meinen, dass damals auf der Erde weniger extreme Bedingungen geherrscht haben müssten, die nicht zu einer vollständigen Vereisung des Planeten geführt hätten. In dem Fall wäre den Modellrechnungen zufolge zumindest ein enges Band um den Äquator eisfrei geblieben.“

Legt man die in dieser Ausarbeitung vertretene Pflanzenerwärmungsthese zugrunde, dann ist die zweitgenannte Studie überaus wahrscheinlicher. Hätte sich eine Eisfläche vollständig über die Erde gelegt, dann wäre die Wirkung der pflanzlichen Biomasse über lange Zeit, wenn nicht für immer, vollständig zum Erliegen gekommen, und es wäre wohl unwahrscheinlich gewesen, dass sich die Erde ohne Pflanzenwachstum wieder erwärmt, denn der Effekt durch das (wenige) Kohlendioxid hätte dann dafür womöglich nicht ausgereicht, vorausgesetzt, man erweitert die Klimamodelle um die Auswirkungen der Photosynthese.

In ähnliche Richtung argumentiert auch der entsprechende Wikipedia-Artikel:

„Eine über Millionen von Jahren andauernde komplette Vereisung hätte auf Basis der Photosynthese sauerstoffproduzierende Lebensformen nahezu unmöglich gemacht. Eine oxidierende Atmosphäre mit Rückschluss auf entsprechende Lebensformen ist

aber seit dem Archaikum, also vor mindestens 2,4 Milliarden Jahren belegt, Fließgewässer und weitverbreitete Lebensformen seit über 3,5 Milliarden Jahren.“

Unbestritten ist, dass mit dem Auftreten der Landpflanzen keinerlei solcher vermuteten Ganz- oder Fast-Ganz-Vereisungsphasen mehr stattgefunden haben:

„Schneeball Erde (englisch Snowball Earth) oder Schneeball-Erde ist eine geowissenschaftliche Hypothese über mehrere globale Vereisungen im späten Präkambrium (Neoproterozoikum), deren letzte Phase vor etwa 580 Millionen Jahren endete.“

Das lässt einen bedeutenden Anteil der Pflanzen am Temperaturhaushalt der Erde immer wahrscheinlicher werden.

Man kann also davon ausgehen, dass zumindest der Äquatorbereich durch entsprechende Pflanzenaktivitäten stets und immer seit Beginn der Evolution dafür gesorgt hat, dass es durchgehend auf der Erde eine habitable Zone mit Photosynthese treibenden Pflanzenformen gab.

Diesem äquatorialen Bereich der Erde kommt somit eine besondere Bedeutung zu, die sich auch in Bezug auf das heutige und zukünftige Evolutionsgeschehen festmachen lässt.

Aufgrund der biologischen Eigenschaften der Lebewesen (habitable Zone bedarf auch einer maximalen Höchsttemperatur) sieht es so aus, als ob die Temperaturbedingungen für ein dauerhaft(!) funktionierendes Ökosystem in den Regenwäldern des Äquatorbereichs als ausgereizt angesehen werden können. Diese Wälder sind die einzigen Regionen auf der Erde, die trotz üppiger Vegetation klimaneutral bleiben müssen. Die ständige Wolkendecke und die täglichen ausgiebigen Regenfälle sind dann der erfolgreiche Versuch der Natur, trotz des dichten Regenwalds die aufheizende Wirkung der Photosynthese treibenden Pflanzen im Gleichgewicht mit der lokalen Atmosphäre zu halten, eventuell auch auf Kosten der [Wendekreiswüsten](#), die die überschüssige Wärmeenergie des Pflanzenwachstums aufnehmen müssen. Der hohe Preis für die Klimabeständigkeit ist ein „[Wald ohne Humus](#)“, der im Gegensatz zu unseren Wäldern bedeutend empfindlicher auf (gerade auch menschliche) stoffliche Eingriffe reagieren dürfte, es ist also ein sehr labiles Gleichgewicht, das man besser nicht stören sollte.

Gleichzeitig sorgt diese Region für einen über Jahrmillionen beständigen Nachschub an Flora und Fauna aller Art, die nach Eiszeiten und Aussterbeereignissen wieder den Rest der Erde mit Leben erfüllen und sich den Weg zu den dann vereisten Polen bahnen müssen, wenn der Kreislauf des Lebens auf der Erde erhalten bleiben soll.

Dass die dabei ständig stattfindende [Plattentektonik](#) dauerhaft „Unordnung im System“ verursacht, verkompliziert die Betrachtung der Vorgänge entsprechend.

Somit könnte man die äquatorialen Regenwälder als wahre „Arche Noah“ bezeichnen, deren Erhalt für den Fortgang der Evolution absolut **„alternativlos“** ist.

6.1.3. Die Ausrottung des Mammuts

Nachdem man das PETM und die „Schneeball-Ereignisse“ wahrlich nicht mit menschlichen Aktivitäten in Verbindung bringen kann, ist dies beim Ende der letzten Eiszeit vor 12.000 – 14.000 Jahren nicht ganz so sicher. Es könnte durchaus sein, dass damals der erste menschengemachte Klimawandel eingeleitet wurde.

Die Geschichte der Mammuts wird in einem populärwissenschaftlichen Artikel ([„Giganten der Urzeit: Warum starben die Mammuts aus?“](#)) ausführlich beschrieben. Danach haben sich die ersten Mammutpopulationen aus Afrika in andere Regionen ausgebreitet. Durch den vor 2 Mio. Jahren angenommenen Klimawechsel zu kälteren Temperaturen mussten sich die in der Polarregion ansiedelnden Großtiere anpassen und es entstanden die für uns geläufigen Steppenmammuts mit ihrem dichten Fell und den riesigen Stoßzähnen.

Auch hier wird wieder die Rolle der Pflanzen nicht beachtet bzw. wird die Ursache und Wirkung angepasst oder vertauscht. Denn wenn man einmal davon ausgeht, dass die riesigen Tiere einen enormen Nahrungsbedarf hatten, ist die Folge ein Raubbau an der Vegetation in einer (halbjährlich) tageslichtschwachen Umgebung. Dadurch schufen sich die Mammutherden die Steppen selbst, die dann für 2 Mio. Jahre bestimmend wurden für die polaren Lebensräume der damaligen Großtierfauna.

Damit beeinflussten dann diese Tiergruppen auch das Klima dieser Grenzzone zwischen polnahen Eiswüsten und erwärmenden Vegetationsgebieten maßgeblich durch den Eingriff in die Flora.

Das Verschwinden der Großtiere, die in weiten, mit dürrtiger Vegetation bewachsenen Steppen nach Nahrung suchten, nach Ausrottung durch den Menschen sorgte somit im Laufe einer recht kurzen Zeit für eine Ausbreitung des Waldes von Süden her, wobei dieser Vorgang wohl durch Pollenanalysen inzwischen gut nachvollzogen werden kann, siehe Eintrag im [Artikel über die Geschichte des Waldes in Mitteleuropa](#). Erst dadurch kam die Wärme wieder in den Norden und hatte das Aussterben auch anderer Großwildtiere zur Folge, die sich zuvor an das kalte Steppen-Klima angepasst hatten.

Interessant ist, dass es heute Überlegungen dazu gibt, ob es Sinn macht, die damalige „Megafauna“ wiederherzustellen, um eine Renaturierung in diesem Sinne durchzuführen, das [„Pleistocene Rewilding“](#). Langsam erkennt man, dass in der

Vergangenheit nicht nur Vegetation zur Natur gehörte, sondern auch riesige Tierherden, wie z.B. auch Wisentherden in unseren Wäldern, die nicht gerade sorgfältig mit den wachsenden Pflanzen umgingen, es gab schließlich auch noch keine Einzäunungen zum Schutz der Jungpflanzen. Natur kennt in diesem Sinne keine „Nachhaltigkeit“.

Bemerkenswerterweise sind diese Zusammenhänge auch Teil einer bereits bestehenden Theorie zur Wechselwirkung von Großtieren und Vegetation. Dabei handelt es sich um die [Megaherbivorenhypothese](#): „Die Hypothese geht davon aus, dass große Pflanzenfresser in natürlichen Bestandsdichten die Vegetation und das Landschaftsbild entscheidend beeinflussen“. Die dort vertretene These ähnelt den obigen Annahmen zur Ausbreitung der Mammuts in der Polarzone, jedoch ohne die Auswirkungen von Flora und Fauna auf das Klima zu hinterfragen.



Abbildung 28: Schreitharvester vs. Mammut

Natürlich ist es in unseren zerschnittenen Landschaften zur Zeit weder sinnvoll noch möglich, wieder Großwildherden anzusiedeln. Deswegen muss die Funktion dieser Tiere bis auf weiteres vom Menschen erbracht werden. Ein Teil der Wissenschaft, die [Bionik](#), beschäftigt sich mit dem „Übertragen von Phänomenen der Natur auf die Technik“. Im Falle der zukünftig leider nötigen Ausdünnung des Waldes sind hier schon mögliche Lösungen gefunden worden. Ein sogenannter Schreitharvester hat mit etwas Phantasie eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Mammut. Beide „kümmern“ sich mit Greifarm und -rüssel um die Entfernung von Vegetation.

7. Fazit

Abschließend lässt sich also bei der Frage nach der Rolle der Pflanzen bei der Erderwärmung bezüglich unseres Handelns folgendes behaupten:

„Wir“ bedienen zur Zeit einen Klima-Regelkreis und drehen dabei aber den Regler genau in die falsche Richtung!

Nicht mehr sondern **weniger** Bäume und Vegetation tragen **in den nördlichen/polaren Zonen und Gebirgen** zur gewünschten Abkühlung und dem Schutz der Gletscher und Eisflächen bei. Das hieße, die zur Eindämmung des Klimawandels geplanten und schon durchgeführten Aufforstungsprojekte müssen dringend überdacht und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Auch das Anpflanzen von Wärme liebenderen Bäumen ist dann der falsche Weg. Wir „brauchen“ genau die Bäume, die seit Jahrhunderten daran gewohnt sind, hier zu wachsen, jedoch in teilweise „dünnere“ und teilweise weniger Wäldern. Dazu noch eine angepasste Landwirtschaft z.B. mit reduziertem Maisanbau und die Abkühlung kommt in kurzer Zeit wie von allein.

Gerade diese Zusammenhänge zwischen Pflanzenwachstum und Klima allgemein könnten den Schutz der äquatorialen Regenwälder vorantreiben und gleichzeitig die Notwendigkeit der abweichenden Betrachtung der Vegetation in den übrigen Gebieten der Erde befördern.

Es sieht also so aus, als ob alle Pflanzen und gerade auch die Bäume aus Prinzip evolutionäre „Erderoberungsmonster“ sind, die bei ihrem Vorankommen aufgrund des niedrigen Photosynthesewirkungsgrads selbst keine Rücksicht auf ihren eigenen Untergang nehmen können. Wollen wir „das regionale“ Klima retten, müssen wir zuerst die Pflanzen bzw. Bäume abhängig von den „vom Menschen gewünschten“ Klimazonen vor sich selbst retten!

Diese Aneinanderreihung von Daten, Links und eigenen Vermutungen ist nur (m)ein vorsichtiger Versuch, den jetzige Ist- und zukünftigen Soll-Zustand unseres Klimas zu verstehen. Der Text ist als dringende Anregung zum Nachdenken über die 2 entscheidenden Fragen gedacht:

1. „Bedeutet es etwas für die Erderwärmung, wenn der Wirkungsgrad der Photosynthese so klein ist?“

2. Sind die Albedo-Werte, denen die Klimamodelle zugrunde liegen, systematisch zu hoch, weil bei deren Bestimmung die spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges in Bezug auf die grüne Vegetation nicht beachtet wird?

Rhauderfehn, im September 2021
Dipl.-Ing. Norbert Scheible

8. Anhang 1

Theorie zur menschlichen Farbwahrnehmung, oder die Antwort auf die Frage, warum Pflanzen (- nicht -) grün sind

Jeder Wahrnehmungssinn eines Lebewesens muss einen „Sinn“ haben, um das Überleben zu verbessern. Ein solcher Sinn macht aus Sicht der Evolution nur „Sinn“, wenn er die Wahrscheinlichkeit des Überlebens erhöht.

Der Sehsinn sollte zu Beginn der Evolution von tierischem Leben dafür sorgen, dass ein pflanzenfressendes Tier erkennt, wo verfügbare Photosynthese treibende Pflanzennahrung in der räumlichen Umgebung vorhanden ist, um diese auf dem kürzesten Weg ansteuern zu können. Was sich erst einmal völlig trivial anhört, ist aus Sicht der Evolution durchaus komplizierter.

Zu Beginn des tierischen Lebens gab es für diese nur unstrukturierte Energiefluktuationen. Die ersten sehenden Tiere konnten nur Fluktuationen der Helligkeit wahrnehmen. Wie sollten sie aber optisch „aus der Ferne“ erkennen, ob es sich um essbare Pflanzennahrung handelt, auf die sie angewiesen waren?

Die Evolution fand dafür eine genial einfache Lösung, die uns in Form der Wahrscheinlichkeitsrechnung bzw. [Stochastik](#) als Schüler den (vor-)letzten Nerv raubte.

Ausgangspunkt ist die schon im Hauptteil beschriebene Vermutung, dass Pflanzen auf Grund der Photosynthese **das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichts** absorbieren, und nur dieses, um mit dessen Hilfe pflanzliche Biomasse zu generieren. Dies ist inzwischen zwar durch [Messungen](#) teilweise bestätigt, hat aber noch keinerlei Eingang in die überprüfbare Lehrmeinung gefunden.

Dabei oszilliert die Energiestärke dieses Bereichs in dem Maße, wie die Pflanzen das Sonnenlicht ausnutzen. Je aktiver die Photosynthese ist, umso größer ist der Umsatz von Licht zu Wärme und umso „dunkler“ würden die Pflanze dem Betrachter im Vergleich erscheinen. Der Betrachter muss also einen Ausschnitt des Bildbereichs erkennen, der in der Helligkeit innerhalb von Sekundenbruchteilen schwankt, wobei diese Schwankung genau im Bereich zwischen (UV-)Blau und (IR)-Rot stattfindet. Wichtig ist erneut die Feststellung, dass der Bereich gleichmäßig mit Licht aller Wellenlängen gefüllt ist. Eigentlich würden Pflanzen damit als unscheinbare „grau flimmernde“ Bereiche in einer „grauen“ Welt erscheinen.

Es gilt also, genau diesen Bereich des Energiespektrums des Sonnenlichts zu erkennen.

Die **Wahrscheinlichkeitsrechnung** liefert dafür die perfekte Lösung, den [Erwartungswert](#). Er ist praktisch der Mittelwert aller Prüfgrößen.

Wenn man ein Würfelspiel charakterisieren will, hilft dafür der Erwartungswert. Beispielsweise hat ein handelsüblicher Würfel mit den Augen 1,2,3,4,5,6 den Erwartungswert 3.5. Das bedeutet, wenn man sehr viele Würfe macht, dann nähert sich der Mittelwert trotz der Zufälligkeit der einzelnen Würfe immer diesem Wert an.

Analog dazu hätte ein Würfel mit den Augen 2,3,4,5,6,7 einen Erwartungswert von 4.5.

Angenommen, ein Zuhörer „hört“ bei 2 Würfelspielen zu und er hört nur das Klappern der Würfel, sieht jedoch nicht, welcher Würfelwert jeweils gefallen ist.

Will man als Zuhörer nun sicher wissen, mit welchen Würfeln man es bei diesen Würfelspielen zu tun hat, ist es am sinnvollsten, sich von einem die Würfe sehenden Beobachter jeweils den bisher aufgelaufenen Erwartungswert mitteilen zu lassen. Nach einiger Zeit ergibt sich ein eindeutiges Ergebnis, das den entsprechenden Würfel entlarvt und man kann direkt zu dem gewünschten Würfelspiel gehen.

Mit dem selben Prinzip kann nun ein optischer Beobachter einer Umgebung mit lebenden Pflanzen deren Existenz feststellen. Das Auge bzw. das Gehirn registriert die Wellenlängen der eintreffenden Photonen und bestimmt möglichst schnell den Mittelwert dieser Werte. Ein Objekt, dessen „Farbe“ hinreichend genau dem Erwartungswert des Bereichs des sichtbaren Lichts entspricht, ist mit größter Wahrscheinlichkeit eine Photosynthese betreibende Pflanze und dadurch hoffentlich essbar. Dieser Wert ist genau in der Mitte dieses Bereichs.

Die von der Wissenschaft empirisch ermittelte [relative spektrale Hellempfindlichkeit](#) des menschlichen Auges kann somit mathematisch stochastisch genau definiert werden.

Sie ist die [Normalverteilung](#) des Bereichs des sichtbaren (Tages-)Lichts und hat deswegen die Form einer Glockenkurve. Die Hellempfindlichkeit ergibt sich so automatisch. Der Erwartungswert ist der Mittelwert aller Wellenlängen des sichtbaren Lichtbereichs. Das menschliche Auge bzw. das Gehirn verstärkt in diesem Sinne das grüne Licht, und die ermittelten Lichtstärken werden miteinander verglichen, sodass ein roter Gegenstand bis zu 100 mal mehr Lichtphotonen ausstrahlen muss, um genau so hell wie ein grüner Gegenstand zu erscheinen. In einer scheinbar (un-)gleichmäßig fluktuierenden Umgebung wird so eine Pflanze als helle, grün leuchtende Fläche erkannt.

Eine experimentelle Entsprechung in der Teilchenwelt findet sich bei der Veranschaulichung einer Binomialverteilung. Dabei handelt es sich um ein [Galton-Brett](#), bei dem *„ein physikalisches Messgerät simuliert wird, dessen Messwert verrauscht ist“*.

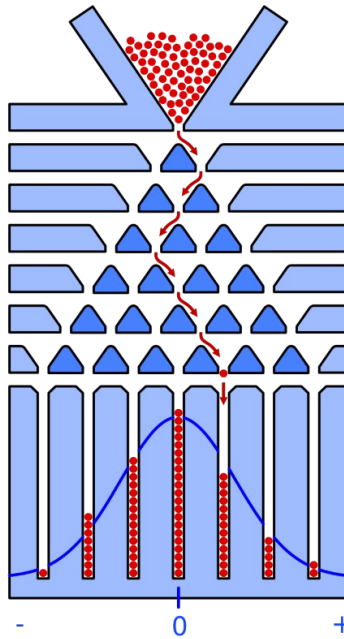


Abbildung 29: Galtonbrett

Man kann also dem grünen Gras beim Wachsen nicht zuhören sondern eher zuschauen. Je hellgrüner desto „photoaktiver“ ist das pflanzliche Objekt.

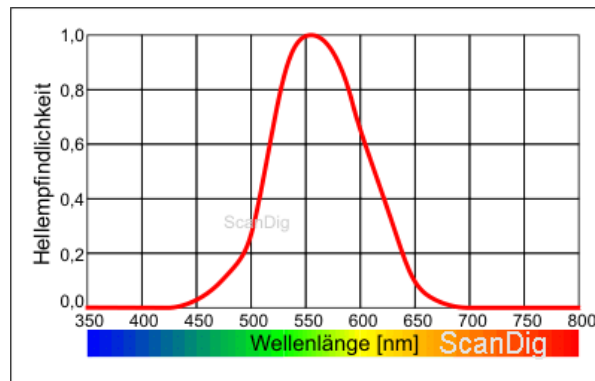


Abbildung 30: Hellempfindlichkeit

Der Grund, warum wir die meisten Pflanzen grün sehen ist damit rein stochastischer Natur.

Diese vermutete Tatsache sorgt für eine verblüffende Erkenntnis:

Da der Bereich des für uns sichtbaren Lichtes genau so groß ist wie der Bereich, den die Pflanzen für die Photosynthese verwenden, sind die Pflanzen zum großen Teil verantwortlich dafür, wie hell und bunt wir die Welt sehen. „It's a plant's world“.

9. Anhang 2

Hyperlink-Verzeichnis

Augenevolution - https://de.wikipedia.org/wiki/Augenevolution#Das_menschliche_Auge	1
Wirkungsgrad - https://de.wikipedia.org/wiki/Wirkungsgrad	3
Wikipedia - https://de.wikipedia.org/wiki/Photosynthese	5
Strahlungsantrieb - https://de.wikipedia.org/wiki/Strahlungsantrieb	7
Neurath - https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Neurath	8
Artikel NZZ vom 08.04.2019 - https://www.nzz.ch/finanzen/eine-niedrigere-ernte-bedeutet-noch-lange-keine-hungersnot-ld.1473484	9
Mittelalterliche Klimaanomalie - https://de.wikipedia.org/wiki/Mittelalterliche_Klimaanomalie	10
Cahokia - https://de.wikipedia.org/wiki/Cahokia	10
C4-Pflanze - https://de.wikipedia.org/wiki/C4-Pflanze	10
C3-Pflanze - https://de.wikipedia.org/wiki/C3-Pflanze	10
Klimawandel - mehr Wald auf der Welt - https://www.sueddeutsche.de/wissen/klimawandel-wald-erde-1.4086184	12
Die Welt ergrünt - https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/dem-seltsamen-ergruenen-der-welt-auf-der-spur/	12
Holzvorrats - https://www.sdw.de/ueber-den-wald/wald-in-deutschland/holzvorrat/	12
Studie der Uni Bonn - https://www.nees.uni-bonn.de/pdf/mutke_quandt_2018_forschungundlehre_deutschewald	13
Studie der ... Versuchsanstalt von 2013 - https://docplayer.org/39554124-Hutewaelder-in-nordhessen-und-suedniedersachsen-historische-nutzung-und-aktuelle-situation-dr-marcus-schmidt.html	14
Wo das Eis noch ein wenig überdauert - https://www.spektrum.de/news/wo-das-eis-noch-ein-bisschen-ueberdauert/1685828	15
Bericht der Welt vom 6.7.2015 - https://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article143643091/Mega-Straeucher-erwaermen-Tundra-wie-von-selbst.html	17

Borealen Nadelwald - https://de.wikipedia.org/wiki/Borealer_Nadelwald	18
Aussterbeereignisse - https://de.wikipedia.org/wiki/Massenaussterben#Klimawandel	20
Landes de Gascognes - https://de.wikipedia.org/wiki/Landes_de_Gascogne	20
Scinexx-Artikel - https://www.scinexx.de/news/biowissen/aethiopien-klimawandel-bedroht-kaffeeanbau/	21
Wikipedia-Artikel Flora Fauna - https://de.wikipedia.org/wiki/Äthiopien#Flora_und_Fauna	21
Versuche ... zu züchten - https://www.transgen.de/forschung/1431.gentechnik-wassereffizienter-mais-afrika.html	21
200.000 Hektar - https://www.weinfreunde.de/magazin/weinwissen/weinland-chile/...	21
Eisendüngung - https://de.wikipedia.org/wiki/Eisendüngung	21
Xanthophyllzyklus - https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Xanthophyllzyklus	22
Photorespiration - https://de.wikipedia.org/wiki/Photorespiration	22
RuBisCO - https://de.wikipedia.org/wiki/RuBisCO	22
Werbe-Artikel - https://www.redusystems.com/de/artikel/pflanzen-brauchen-gesamtes-par-spektrum	23
spektrale Hellempfindlichkeit - https://de.wikipedia.org/wiki/V-Lambda-Kurve	23
Grafik - https://www.filmscanner.info/Fotometrie.html	23
Engelmanssche Bakterienversuch - https://de.wikipedia.org/wiki/Engelmanscher_Bakterienversuch	24
Grünlücke - https://de.wikipedia.org/wiki/Grünlücke	25
Silberbromid - https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-19-02387	26
spektrografische Sensibilisierung - https://de.wikipedia.org/wiki/Sensibilisierung_(Fotografie)	26
Belichtungsmesser - https://de.wikipedia.org/wiki/Belichtungsmesser	26
CIE-Normvalenzsystem - https://de.wikipedia.org/wiki/CIE-Normvalenzsystem	26
Jäger im Schnee - https://de.wikipedia.org/wiki/Die_Jäger_im_Schnee	27
Stefan-Boltzmann-Gesetz - https://de.wikipedia.org/wiki/Stefan-Boltzmann-Gesetz	28

Wikipedia-Artikel ... effekt - https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt	29
NASA-Seite - https://earthobservatory.nasa.gov/images/84499/measuring-earths-albedo	30
Eis-Albedo-Rückkopplung - https://de.wikipedia.org/wiki/Eis-Albedo-Rückkopplung	30
Strahlungsantrieb - https://de.wikipedia.org/wiki/Strahlungsantrieb	30
Pyranometern - https://de.wikipedia.org/wiki/Pyranometer	31
Einfluss der Bodenalbedo ... - https://ul.qucosa.de/api/qucosa%3A11908/attachment/ATT-0/	32
Datenblatt(1) - https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/s3901-128q_etc_kmpd1036e.pdf	33
Datenblatt(2) - http://techwww.in.tu-clausthal.de/site/Dokumentation/Dioden/Fotodioden/BPW21-Fotodiode.pdf	33
Proba-V - https://de.wikipedia.org/wiki/Proba_V	35
Rote Kante - https://seos-project.eu/remotesensing/remotesensing-c03-s01-p01.de.html	36
NDVI - https://de.wikipedia.org/wiki/Normalized_Difference_Vegetation_Index	36
Information zum NDVI-Index... - http://satgeo.zum.de/satgeo/beispiele/interpretation/ndvitext.htm	36
PETM - https://de.wikipedia.org/wiki/Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum	39
Schneeball-Erde - https://de.wikipedia.org/wiki/Schneeball_Erde	40
Die Erde gefror in kürzester Zeit - https://www.spektrum.de/news/erde-gefror-in-kuerzester-zeit/1570128	40
Die Erde ist wohl nie ein Schneeball gewesen - https://www.faz.net/aktuell/wissen/erde-klima/erdklima-die-erde-ist-wohl-nie-ein-schneeball-gewesen-1544496.html	40
Wendekreiswüsten - https://de.wikipedia.org/wiki/Wendekreiswüste	41
Wald ohne Humus - https://amazonas.de/wald-ohne-basis/	41
Plattentektonik - https://de.wikipedia.org/wiki/Plattentektonik	41
Giganten der Urzeit - https://www.weltderwunder.de/artikel/giganten-der-urzeit-warum-starben-die-mammuts-aus	42

Geschichte des Waldes in Mitteleuropa -
https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_des_Waldes_in_Mitteleuropa#Die_juengste_Nacheiszeit_-_Ruekwanderung_der_Baumarten.....42

Pleistocene Rewilding - https://de.wikipedia.org/wiki/Pleistocene_Rewilding.....42

Megaherbivorenhypothese - <https://de.wikipedia.org/wiki/Megaherbivorenhypothese> 43

Bionik - <https://de.wikipedia.org/wiki/Bionik>.....43

Stochastik - <https://de.wikipedia.org/wiki/Stochastik>.....46

Erwartungswert - <https://de.wikipedia.org/wiki/Erwartungswert>.....46

Normalverteilung - <https://de.wikipedia.org/wiki/Normalverteilung>.....47

Galton-Brett - <https://de.wikipedia.org/wiki/Galtonbrett>.....47

Abbildungsverzeichnis

Seite 1 oben/unten:

<https://www.stiftung-august-bier.de/sauener-wald>

Seite 1 mitte:

https://de.wikipedia.org/wiki/Augenevolution#/media/Datei:Iris_close-up.jpg

Seite 9 Abbildung 1:

<https://www.nzz.ch/finanzen/eine-niedrigere-ernte-bedeutet-noch-lange-keine-hungersnot-ld.1473484>

Abbildung 2:

https://www.maikomitee.de/web/upload/pdf/statistik/dateien_pdf/Vergleich_Maisanteil_an_AF_und_LN_Kreisebene_2016.pdf

Seite 13 Abbildung 3:

https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Wald,_Waldnutzung (Grafik Winfried Freitag)

Seite 14 Abbildung 4:

https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Sachgebiet/Waldnaturschutz_Naturwald/Schmidt_Hutewaelder_20130205.pdf

Seite 15:

Abbildung 5:

<https://www.encirclephotos.com/image/bold-island-in-revillagigedo-channel-near-ketchikan-alaska/>

Abbildung 6:

https://www.hicker.de/view-single-img.php?img_id=19096

Seite 16 Abbildung 7:

<https://austria-forum.org/af/Heimatlexikon/Forstwirtschaft>
(c) Österreichischer Forstverein

Seite 17 Abbildung 8:

<https://www.vn.at/welt/2014/09/17/klimawandel-macht-oesterreich-zu-schaffen.vn>

Seite 18 Abbildung 9:

<https://www.spektrum.de/wissen/so-rasch-wandelt-sich-die-arktis/1665542>

Seite 19 Abbildung 10:

<https://www.shutterstock.com/de/image-vector/globe-world-featuring-boreal-forest-409640407?src=u7mfuVxJcD5bHC8Jyhjznw-1-0>

Seite 21 Abbildung 11:

https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_relative_%C3%A0_l%27assainissement_et_de_mise_en_culture_des_Landes_de_Gascogne

Seite 23 Abbildung 12:

<https://www.filmscanner.info/Fotometrie.html>

Seite 24 Abbildung 13/14:

Pitopia

Seite 25 Abbildung 15 unterer Teil:

<https://www.abiweb.de/biologie-stoffwechsel/fotosynthese/primaerreaktion-der-fotosynthese/fruehe-experimente-zur-fotosynthese.html>

Seite 27:

Abbildung 17:

Campingdusche Werbebild

Abbildung 16:

<https://www.br.de/klimawandel/zugspitze-gletscher-schneeferner-abdeckung-klimawandel-100.html> (Männer legen Plastikplanen über das Eis | Bild: picture-alliance/dpa)

Abbildung 18:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Die_J%C3%A4ger_im_Schnee#/media/Datei:Pieter_Bruegel_the_Elder_-_Hunters_in_the_Snow_\(Winter\)_-_Google_Art_Project.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Die_J%C3%A4ger_im_Schnee#/media/Datei:Pieter_Bruegel_the_Elder_-_Hunters_in_the_Snow_(Winter)_-_Google_Art_Project.jpg)

Abbildung 19:

entnommen Anzeige für Ferienwohnung

Seite 28 Abbildung 20:

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48547503>

Seite 30 Abbildung 21:

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/84499/measuring-earths-albedo>

Seite 31 Abbildung 22:

https://de.wikipedia.org/wiki/Pyranometer#/media/Datei:SR20_pyranometer_1.jpg

Seite 33 Abbildung 23:

https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/s3901-128q_etc_kmpd1036e.pdf Seite 5

Seite 34 Abbildung 24:

<http://techwww.in.tu-clausthal.de/site/Dokumentation/Dioden/Fotodioden/BPW21-Fotodiode.pdf> Seite 327

Seite 35 Abbildung 25:

https://www.researchgate.net/figure/Low-level-cloud-cover-estimated-from-ISCCP-and-MODIS-adapted-from-Laken-et-al_fig3_287209825

Seite 36 Abbildung 26:

<http://satgeo.zum.de/satgeo/beispiele/interpretation/ndvitext.htm>

Seite 37 Abbildung 27:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt#/media/Datei:Sun_climate_system_alternative_\(German\)_2008.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt#/media/Datei:Sun_climate_system_alternative_(German)_2008.svg)

Seite 43 Abbildung 28:

links:

<https://pixabay.com/de/photos/mammut-tiger-composing-wald-natur-3159562/>

rechts:

<https://www.hackschnitzelharvester.de/andere-forsttechnik/schreitharvester/>

Seite 47:

Abbildung 29:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Galtonbrett#/media/Datei:Galton-Brett.svg>

Abbildung 30:

<https://www.filmscanner.info/Fotometrie.html>