



Unterricht

Albedo – die Rückstrahlung von Sonnenlicht

Stichworte dieser Einheit:

Albedo, Globale Verdunklung, Aerosole, Aerosoleffekte, Wolkenalbedo, Landnutzung, Entwaldung, Verlust Seeis und Schnee

Die „Weißheit“ der Erde

Im Winter ist die Sonne nicht besonders stark. Ihr Weg führt nicht hoch an den Himmel und sie bringt wenig Wärme. Dennoch müssen sich Wintersportler ganz besonders vor der Sonne schützen. Sie könnten sich im Gesicht leicht einen Sonnenbrand holen, obwohl es eiskalt ist.

Warum ist dies so?

Die Sonnenbrandgefahr kommt gar nicht nur von oben, sondern auch von unten. Die Oberfläche der Erde macht etwas mit der Strahlung der Sonne. Dunkle Oberflächen schlucken begierig ihre Energie und erwärmen sich dabei. Sehr helle Oberflächen wirken wie Spiegel. Sie werfen das Sonnenlicht und die darin enthaltene Energie zurück in Richtung Weltraum. Fassen wir im Sommer auf das Blech eines schwarzen Autos, so ist es viel heißer als das eines weißen Wagens. Frischer Schnee und Eis werfen 80-85% des Sonnenlichtes zurück. Dem Wintersportler scheint daher die Sonne von allen Seiten auf die Haut, weil der Schnee ihre Energie nicht aufnimmt, sondern sie zurückwirft und selbst kalt bleibt.



Bild 1: Eine Skibrille schützt die Augen vor der starken Strahlung. Photo: Renxx Garmider on StockXchange

Für dieses Rückstrahlvermögen von Oberflächen gibt es einen Begriff: die Albedo. Albedo (lateinisch) bedeutet „Weißheit“. Sie sagt aus, wie weiß / hell eine Oberfläche ist. Für Schnee und Eis ist die Albedo besonders hoch. Auch für Sand, Wüste und vegetationsarme Steppe ist sie hoch. Für Wälder hingegen ist sie niedrig (5-10%) und für die Ozeane sogar noch niedriger (4-7%).

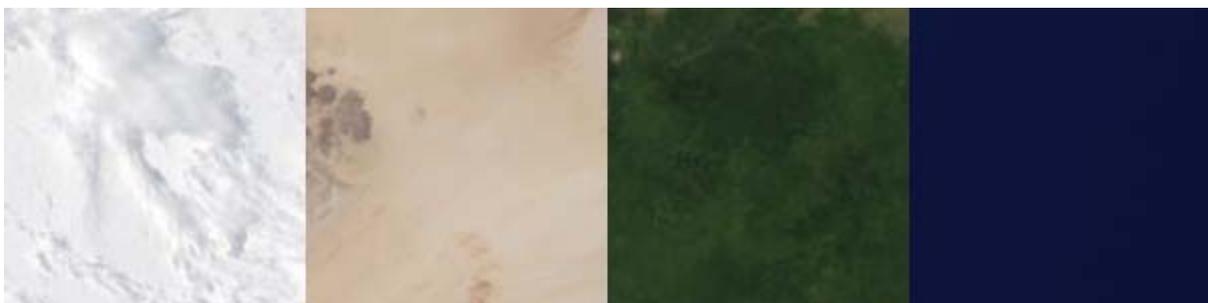


Bild 2: Eis - Wüste - Wälder - Ozean

Verschiedene Oberflächen auf unserer Erde; zusammengestellt aus NASA Satellitenphotos

Die „Weißheit“ am Himmel

Es gibt Tage, an denen ist der Himmel regengrau verhangen und alles scheint dunkel und trübe. Wollen wir Fotos machen, so reicht das Licht kaum aus. Aber wo ist es hin? Würden wir mit einem Flugzeug über die Wolken fliegen, so schiene nicht nur die Sonne. Auch die Wolken erschienen weiß wie Schnee. Die Wolken haben nicht etwa alle Lichtenergie geschluckt, einen Großteil haben sie einfach reflektiert, genau wie der Schnee. Wolken haben eine Albedo zwischen 40 und 90% und sind damit heller als die meisten Oberflächen auf der Erde. Wolken erscheinen vom Weltraum aus hell, unsere Umwelt am Erdboden machen sie oft dunkler und halten Sonnenergie von uns ab.



Bild 3: Cumuluswolken vom Space Shuttle aus fotografiert. Von oben erscheinen die Wolken weiß, während sie von unten grau und bedrohlich aussehen. © NASA-JSC (1984)

Globale oder regionale Verdunklung

Nicht alles, was zwischen Himmel und Erde hängt, hat die Natur gemacht. Manche Wissenschaftler und die Medien haben den Begriff „Globale Verdunklung“ (englisch: global dimming) eingeführt. Hiermit ist nicht etwa eine Sonnenfinsternis gemeint, sondern die Tatsache, dass an vielen Orten die Sonnenstrahlung unnatürlich geschwächt die Erdoberfläche erreicht. Die Ursache sind zum einen zusätzliche Wolken, vor allem aber auch eine Menge Schmutz in der Luft: Ruß und andere Partikel. Diese Verdunklung führt zu einer Abkühlung und wird damit zum Gegenspieler der globalen Erwärmung.



Bild 4: Nicht alle Abgase aus Industrie, Verkehr und Haushalten enthalten nur Wasserdampf. Oft sind auch viele kleine Partikel enthalten, die in die Luft entlassen werden und dort lange Zeit schweben. Photo: Marcin Rybarczyk sxc

Aerosoleffekte

Eine solche „Verdunklung“ ist aber gar nicht global. Sie tritt vor allem in Regionen mit vielen Städten und Industrie auf, in denen die Luft besonders verschmutzt ist. Die Partikel in der Luft, auch Aerosole genannt, reflektieren das Sonnenlicht teilweise zurück, bevor es die Erde erreicht. Forscher sprechen von einem **direkten Aerosoleffekt**.

Die Partikel in der Luft haben aber noch einen zweiten Effekt, einen **indirekten Aerosoleffekt**. Da sich an Partikeln Wolkentropfen bilden, nimmt die Zahl der Wolkentropfen zu, wenn viele Partikel in der Luft sind.

Nun muss sich aber die gleiche Menge an Wasser auf mehr Tropfen verteilen. Somit gibt es statt weniger großen mehr kleinere Wolkentropfen. Wolken mit kleineren Tropfen aber sind heller und reflektieren mehr Sonnenlicht. Da kleine Tropfen nicht zu Regen führen, leben die Wolken vermutlich länger. Das Zusammenspiel von Partikeln in der Luft und Wolken führte zu lokalen Abkühlungen. Mit zunehmenden Maßnahmen zur Luftreinhaltung nahm dieser Effekt aber wieder ab, wie man vor allem in den USA und Europa messen konnte. In China und vielen Entwicklungsländern ohne strikte Vorschriften zur Luftreinhaltung z.B. gibt es auch heute noch einen deutlichen „Verdunklungseffekt“.

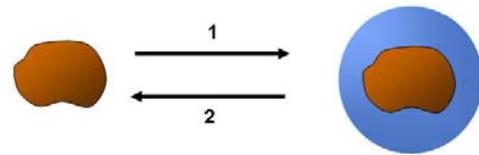


Bild 5: Partikel sind für die Wolkenbildung notwendig. An ihnen kondensiert das Wasser und führt zur Bildung von kleinen Tropfen. Das Wasser kann aber auch wieder verdunsten und der Partikel schwebt immer noch in der Luft. Je kleiner die Tropfen, desto seltener führt die Wolke zu Niederschlägen. Grafik: Justine Gourdeau

Verlust von Schnee und Eis

Da Eis und Schnee so gut reflektieren, verringert sich die Rückstrahlung der Erde deutlich, wenn die von Eis und Schnee bedeckten Flächen auf ihrer kleiner werden. Der Boden wird dunkler und nimmt mehr Sonnenenergie auf. Wenn es wärmer wird, wird auch im Durchschnitt weniger Schnee die Erde bedecken. Wir gehen zwar nicht davon aus, dass die riesigen Eismassen der Antarktis bis zum Jahr 2100 nennenswert schmelzen werden.



Bild 6: Ansicht der Arktis und Antarktis am 21. September 2005. Zum Ende des arktischen Sommers ist die Ausdehnung des Seeees am Nordpol minimal. Am Südpol hingegen endet der antarktische Winter und hier erreicht die Eisausdehnung ihr Maximum. Visualisierung. NASA

Schon deutlich erkennbar ist aber, dass das Seeeis, das auf dem Nordpolarmeer schwimmt, stark abnimmt. Wenn sich das Meer erwärmt, wird das Eis nicht nur von oben sondern von allen Seiten erwärmt. Ein Eisklotz in warmem Wasser schmilzt immer schneller als in warmer Luft. Wissenschaftler rechnen damit, dass schon in wenigen Jahrzehnten Schiffe über das Nordpolarmeer von Europa nach Ostasien (z.B. Japan und

China) fahren können. Diese Route ist wesentlich kürzer als die bisher eingeschlagenen. Für unser Klima bedeutet dies aber auch, dass es durch den Eisverlust noch schneller warm wird, weil mehr Sonnenlicht von den dunklen Ozeanen aufgenommen wird als vom hellen Eis. Wir nennen einen solchen Effekt eine positive Rückkopplung.

Sea Ice Minimum 1979

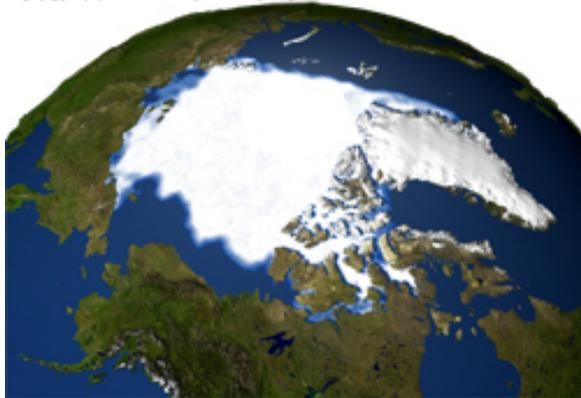
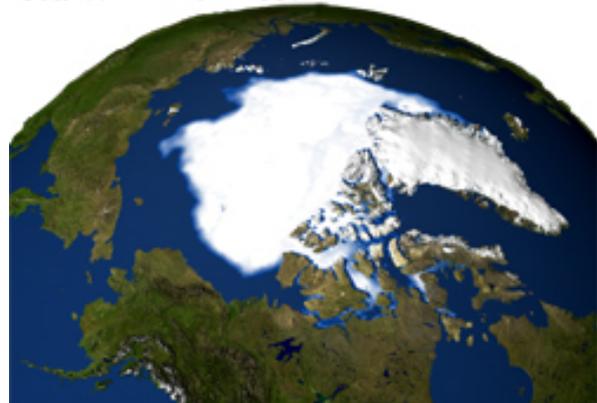


Bild 7 a + b) Seeis-Minimum in den Jahren 1979 (nach Beginn der Satellitenüberwachung) und 2005.

Sea Ice Minimum 2005



Bildquelle: [NASA GSFC](#)

Wie die Landwirtschaft die Erde heller macht

Die natürliche vom Menschen unbeeinflusste Vegetation unserer Erde sähe ganz anders aus als sie heute ist. Die Abbildung unten zeigt eine Karte der theoretischen Vegetation.

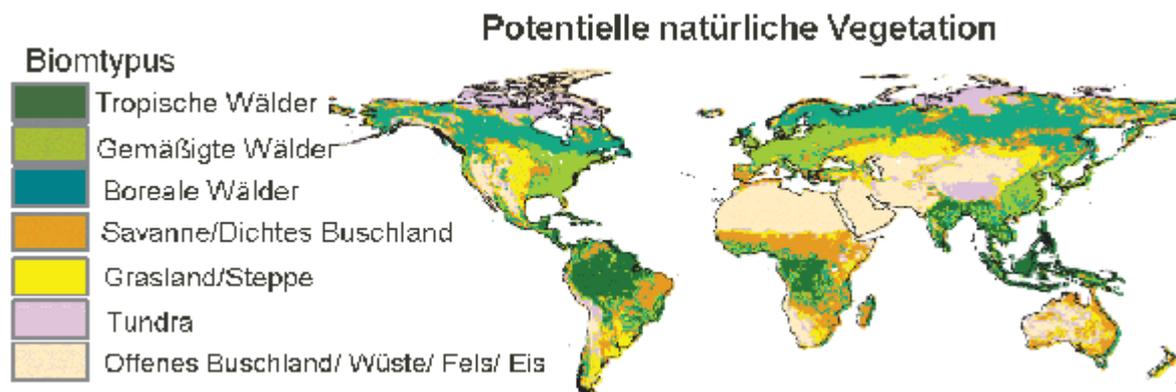
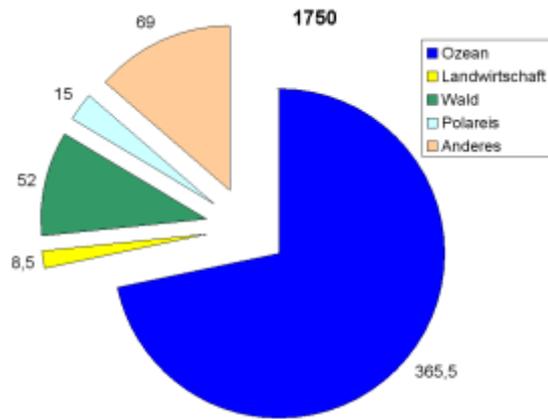


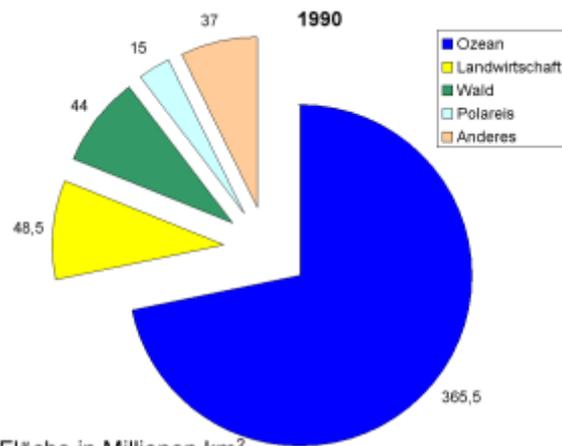
Bild 8: Die Vegetation auf unserer Erde, wie sie ohne Existenz des Menschen aussehen könnte. Quelle: IPCC AR4, Fig. 2.15

Bereits vor der Industrialisierung im Jahr 1750 waren ca. 7,9 – 9,2 Millionen km² der Erde landwirtschaftlich genutztes oder zumindest beweidetes Land (pasture). Bis 1990 dehnte sich die Fläche des menschlich genutzten Weide- und Ackerlandes auf 45,7 – 51,3 Millionen km² (35-39% der globalen Landfläche) aus. Über dieselbe Zeit gingen ca. 11 Millionen km² an Wald verloren. Dies entspricht in etwa der Fläche Europas. Der globale Waldbestand wird für 1750 auf 52 Millionen km² geschätzt, 1992 auf 44 Millionen km² (Ramankutty and Foley, 1999). Seitdem sind weitere große Waldflächen geschlagen worden.



Fläche in Millionen km²

Bild 9 a + b) Nutzung der Landflächen auf der Erde, 1750 im Vergleich zu 1990. Die Bevölkerungsexplosion hat zu einer enormen Ausdehnung der landwirtschaftlich genutzten Fläche geführt.



Fläche in Millionen km²

Daten aus IPCC, 2007 und Referenzliteratur. Grafiken: Elmar Uherek

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts entfiel der größte Waldverlust auf die gemäßigten Breiten, derzeit ist der stärkste Holzschlag in den Tropen zu verzeichnen. Da der Wald eine sehr geringe Albedo hat (5-10%), Grasland aber z.B. eine von 20-25%, ist das Angesicht der Erde durch die Umwandlung von Wald in landwirtschaftliche Fläche etwas heller geworden.