

# Bedeckt die Böden!

*Pflanzen, Böden und Wasser stehen in enger Beziehung zueinander.*

*Wer die daraus resultierenden Energieflüsse versteht, kann resiliente Ökosysteme schaffen und den Klimawandel abschwächen. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Vegetation sowie fruchtbare Böden.*

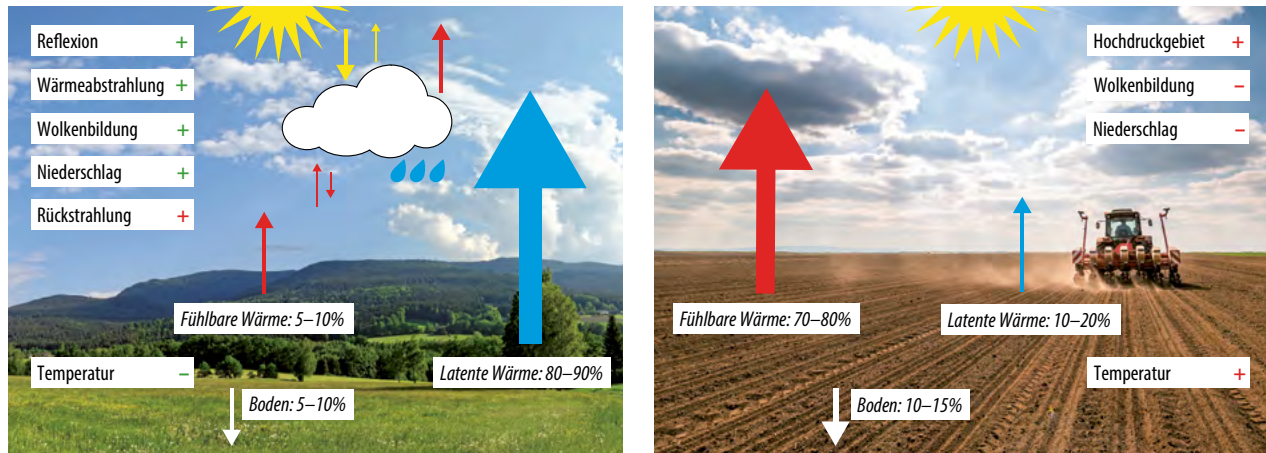
Von Stefan Schwarzer

Die Vegetation spielt eine wichtige – und oft vernachlässigte – Rolle bei der Regulierung des Klimas. Von der Sonnenstrahlung, die auf eine bewachsene Fläche trifft, wird nur ein Prozent für die Photosynthese genutzt, fünf bis zehn Prozent erwärmen die Luft („fühlbare Wärme“) und über 70 Prozent werden von den Pflanzen für Transpiration („Schwitzen“) genutzt, bei der flüssiges Wasser in Wasserdampf umgewandelt wird („latente Wärme“). Dies ist ein sehr energieaufwendiger Prozess. An einem normalen sonnigen Tag kann ein einziger Baum mehrere Hundert Liter Wasser transpirieren und seine Umgebung mit 70 Kilowattstunden pro 100 Liter kühlen, was einem Kühleffekt von zwei 24 Stunden lang laufenden Haushaltsklimaanlagen entspricht (Ellison, 2017; Prokorny, 2012). Wälder mit Millionen von Bäumen erzeugen riesige Wasserflüsse in der Luft („fliegende Flüsse“) – Flüsse, die Wolken bilden und Regenfälle in Hunderten oder sogar Tausenden von Kilometern Entfernung verursachen (Wenig, 2018; Nobre, 2014). Das Gleiche gilt, wenn auch abgeschwächt, für mit Kulturen bedeckte Ackerflächen. Wenn diese über dem Boden entstandenen wasserdampfreichen Luftmassen in die Atmosphäre aufsteigen, wird die gleiche Energiemenge, die durch den Verdunstungsprozess der Pflanzen verbraucht wird, im Kondensationsprozess freigesetzt, wobei ein (kleiner) Teil davon in den Weltraum abgeführt wird. Wolken entstehen, die wiederum die einfallende Sonnenstrahlung reflektieren und Quelle neuen Niederschlags sind. Wichtig ist dabei zu wissen, dass von dem Niederschlag, der auf das Land fällt, fast die Hälfte über die Evapotranspiration (das heißt die kombinierten Prozesse von Verdunstung und Transpiration) an Land entstehen (Ellison, 2019). Davon wiederum stammen 60 bis 80 Prozent aus der Transpiration von Pflanzen (Wei, 2017). Dies verdeutlicht die wichtige Rolle der Vegetation bei der Versorgung des Niederschlagskreislaufs sowie bei der Übertragung von Energie vom Boden in die obere Atmosphäre.

## Die Quelle des Niederschlags

Das Verschwinden von Wäldern kann zu einer signifikanten Abnahme der lokalen Wolkenbedeckung und damit der Niederschläge führen (Teuling, 2017). Die ausgedehnte globale Entwaldung zwischen 1700 und 1850 führte zum Beispiel zu einer Abnahme der Monsunregenfälle über dem indischen Subkontinent und dem südöstlichen China und einer damit verbundenen Abschwächung der asiatischen Sommermonsun-Zirkulation (Takata, 2009). In den Tropen hat sich die Bildung von Haufenwolken infolge von Umwandlung von Wald zu Ackerland erheblich verändert. Dies wirkt sich nicht nur auf den lokalen Niederschlag aus, sondern hat auch Fernwirkungen, sogenannte Telekonnektionen. Diese Telekonnektionen können Auswirkungen in höheren Breitengraden haben, was das Wetter in diesen Regionen erheblich verändert (Mahmood, 2014; Gebrehiwoot, 2019; Sheil, 2009). Selbst relativ kleine Landnutzungsstörungen in den Tropen können zu Effekten in höheren Breitengraden führen (Chase, 2000 und 1996), wie zum Beispiel Verbindungen zwischen dem Amazonas und dem Nordwesten der Vereinigten Staaten (Medvigy, 2013). In Indien gingen die Muster der abnehmenden Niederschläge während des indischen Monsuns mit der sich verändernden Waldbedeckung einher, was auf die verringerte Evapotranspiration und die daraus resultierende Abnahme der recycelten Komponente des Niederschlags zurückzuführen ist (Paul, 2016). Dies verdeutlichen die großen Muster der Wasserdampf- und Niederschlagsströme. Auf globaler Ebene verringerten die Landnutzungsänderungen zwischen den Jahren 1950 und 2000 die terrestrische Evapotranspiration um etwa fünf Prozent oder 3 000 bis 3 500 Kubikkilometer und erhöhten den Oberflächenwasserabfluss um knapp sieben Prozent (Gordon, 2005; Sterling, 2013).

Abb. 1: Verdunstung mit und ohne Vegetation



Evapotranspiration senkt die Bodentemperatur und erhöht die Reflexion der Sonneneinstrahlung durch die Wolken, die Abstrahlung in den Weltraum beim Kondensationsprozess, die Wolkenbildung und damit den Niederschlag (links). Fehlende Vegetation erhöht die Temperatur am Boden, schafft Hochdruckzonen, die den Durchgang von Luftmassen mit niedrigem Luftdruck und feuchter Luft behindern, verringert das Wolkenbildungspotenzial und damit den Niederschlag (rechts).  
 Grafik: Stefan Schwarzer

## Abstrahlung durch offenen Boden

Auf nicht oder kaum bewachsenen Flächen, zu denen brachliegende Felder, trockene Wiesen (im Sommer und nach der Heuernte) und Beton- oder Asphaltflächen zählen, wird Boden mehr einfallende Sonnenstrahlung absorbieren, sich aufheizen, fühlbare Wärme erzeugen und Infrarotstrahlung in die Atmosphäre emittieren (siehe Abb. 1). Die Differenzen der Oberflächentemperaturen zwischen diesen kahlen Flächen und bewaldeten Gebieten können, bezogen auf ein mitteleuropäisches Beispiel, an Sommernachmittagen bis zu 20° Celsius betragen (Hesslerová, 2013; siehe Abb. 2, S. 18). Dies unterstreicht die Tatsache, dass lokale biophysikalische Prozesse, die durch Waldverluste ausgelöst werden, die Sommertemperaturen effektiv erhöhen können: Störungen in der Oberflächenenergiebilanz, die durch Vegetationsveränderungen verursacht wurden, haben global zu einem durchschnittlichen Anstieg der lokalen Oberflächentemperatur um 0,3° Celsius von 1950 bis 2000 und lokal um 0,23° Celsius von 2000 bis 2015 geführt (Duveiller, 2018; Sterling, 2013). Die mittlere Erwärmung durch Landnutzungsänderungen könnte 18 bis 40 Prozent der aktuellen globalen Erwärmungstrends durch die Verringerung der Evapotranspiration und trotz der Verringerung der Oberflächenrückstrahlung („Albedo“) erklären (Alkama, 2016; Ban, 2011; Wolosin, 2018).

Neben der Bedeutung der Wälder für die Energieflüsse und die Erzeugung von Niederschlägen scheinen Wälder biogeochemische Reaktoren zu sein, in denen die Biosphäre und die atmosphärische Photochemie Kondensationskerne für Wolken und Niederschläge erzeugen und damit den hydrolo-

gischen Kreislauf aufrechterhalten (Poschl, 2010). Bäume produzieren flüchtige organische Verbindungen und „entlassen“ Mikroorganismen – Bakterien und Pilzsporen, Pollen und andere biologische Rückstände, die auf den Blättern leben und während und nach Regen in einem Waldökosystem in die Luft gelangen. In der Atmosphäre bilden sie einen wichtigen Teil der Wolkenkondensations- und Eiskerne, was wiederum die Wolkenbildung und den Niederschlag positiv beeinflusst. Außerdem können sie dazu beitragen, die Gefrieretemperatur für die Bildung von Eiskernen zu senken. Ohne diese würde das Gefrieren erst bei Wolken von -15° Celsius oder kälter auftreten; mithilfe von Eiskernen kann dieser Prozess bei Temperaturen nahe 0° Celsius erreicht werden und eine effiziente Wolkenbildung ermöglichen, die leichter und lokal Regen erzeugt.

## Ozeane als Puffer

Ein Drittel der vom Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen und mehr als 90 Prozent der zusätzlichen anthropogen erzeugten Wärme, die in die Atmosphäre abgegeben wird, wurden von den Ozeanen absorbiert und gepuffert. Wenn von globaler Erwärmung gesprochen wird, sollte uns klar sein, dass nur rund zehn Prozent des gesamten vom Menschen verursachten Effekts beschrieben werden (Cheng, 2020; Pörtner, 2019).

Die Pufferung von CO<sub>2</sub> in den Ozeanen geht aber auch in die entgegengesetzte Richtung: Wenn CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zurückgeholt wird, um die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration zu senken, werden die Ozeane aufgrund der neu >

entstandenen Gasdruckdifferenz wieder CO<sub>2</sub> emittieren und versuchen, ein CO<sub>2</sub>-Konzentrationsgleichgewicht zwischen der Atmosphäre und dem Ozean wiederherzustellen. Daher wird es über kürzere Zeiträume nicht zu einer schnellen Abnahme des CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre kommen, selbst wenn es den Menschen gelingt, a) die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu stoppen und b) natürliche oder technische Lösungen zur CO<sub>2</sub>-Fixierung zu entwickeln.

## Klimakühlende Effekte als oberstes Ziel

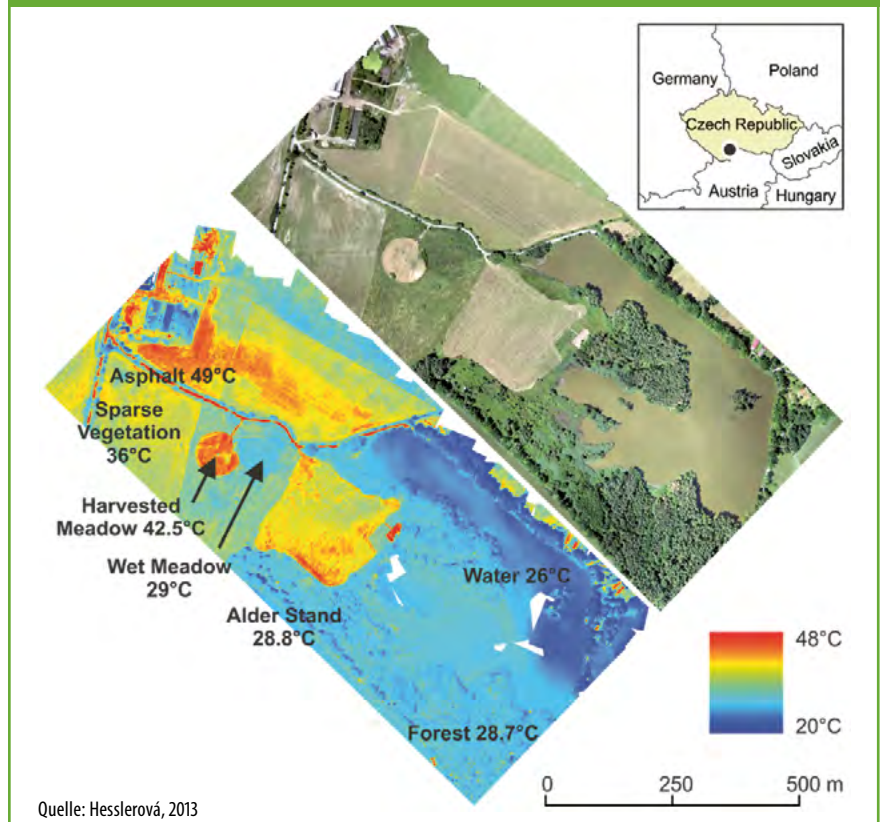
Kohlenstoff- und Wasserkreislauf sind also über Land eng gekoppelt und die Vegetation sowie fruchtbare Böden müssen als Hauptregulatoren innerhalb des Wasser-, Energie- und Kohlenstoffkreislaufs erkannt werden. Die Wiederherstellung der atmosphärischen und terrestrischen Feuchtigkeitskreisläufe in der Vegetation, den Böden und der Atmosphäre ist von größter Bedeutung für die Kühlung des Planeten und die Sicherung der Niederschlagsverhältnisse auf der Erde.

Wichtige Maßnahmen und Weichenstellungen sind unter anderem folgende:

- ▷ Angesichts der Telekonnektivität großer Waldökosysteme sollten diese als globale Güter betrachtet werden. Obwohl derzeit nationale Souveränität vorherrscht, könnte die internationale Gemeinschaft bald neue Mechanismen zum Schutz dieser Naturgüter benötigen.
- ▷ Besonders wichtige und sensible Waldregionen sollten geschützt und entsprechend bewirtschaftet werden.
- ▷ Es ist von größter Wichtigkeit, die Abholzung zu stoppen und die Wiederaufforstungsbemühungen weltweit zu verstärken.

Landwirtschaftliche Praktiken sollten sich auf die Bodenbildung, die ganzjährige Bodenbedeckung mit Pflanzen und den Einsatz von Agroforstmethoden konzentrieren. Hecken und Bäume auf den landwirtschaftlichen Flächen bringen viele Vorteile mit sich und unterstützen die oben genannten Kreisläufe. Eine ständige Bedeckung der Böden über Zwischenfrüchte, Untersaaten oder Direktsaatverfahren ist wichtig und stärkt verschiedene Kreisläufe: den Energiekreislauf durch Kühlung in den unteren Luftschichten der Atmosphäre; den

Abb. 2: Oberflächentemperaturverteilung in einer Mischlandschaft mit Wald



Wasserkreislauf über die Verdunstung und die Erhöhung der Wasserspeicherkapazität des Bodens; den Kohlenstoffkreislauf über die Bildung von Humus und die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit (siehe Beitrag Steffens, S. 24). Wasserrückhalt in der Landschaft durch beispielsweise Retentionsflächen und Versickerungsgräben fördert die Grundwasserneubildung und die Verdunstung.

Generell braucht es einen Paradigmenwechsel, weg von einem kohlenstoffzentrierten Modell hin zu einem, das die hydrologischen und klimakühlenden Effekte von Vegetation als erste Priorität behandelt. Die Pflanzen- beziehungsweise Baumbedeckung hat Auswirkungen auf das Klima auf lokaler, regionaler und kontinentaler Ebene. Die dadurch erzielten Vorteile benötigen eine breitere Anerkennung. □

- ▷ Liste der zitierten Literatur unter [t1p.de/oe1199-schwarzer-lit](http://t1p.de/oe1199-schwarzer-lit)

**Stefan Schwarzer**, Aufbauende  
Landwirtschaft e.V. (i.Gr.),  
[info@aufbauende-landwirtschaft.de](mailto:info@aufbauende-landwirtschaft.de)

