

 WISSEN

C.H. BECK

Hansjörg Küster

DER WALD



Natur und Geschichte

Pflanzen zwar weniger Fotosynthese betreiben konnten, aber noch am ehesten genug Wasser hatten. Wenn die größten Pflanzen aber einen festen Spross besaßen, ihre Blätter klein und von einer Wachsschicht überzogen waren, so dass sie trotz des trockenen Außenmilieus nur wenig Wasser verloren, dann hatten sie eine gute Chance zu überleben. Im Lauf der Zeit mögen so die ersten Bäume entstanden sein, die alle anderen Pflanzen weit überragten. Genauso wie die Makroalgen nicht alleine im Wasser stehen, so blieben auch Bäume nicht isoliert voneinander, sondern sie bildeten einen Pflanzenbestand. Je dichter die Wälder nämlich waren, desto geringer war die Gefahr, dass sie zerstört werden könnten, etwa wenn der Wind durch sie fuhr. Es war nicht etwa «Absicht» der Bäume oder der Wälder, der Bedrohung zu widerstehen. Vielmehr wurden alle Bäume zerstört, die alleine standen, und nur diejenigen überlebten, die dicht an dicht nebeneinander wuchsen, einen Schutz für ihre Nachbarn bildeten und ein Waldbinnenklima entstehen ließen.

Das sagt oder schreibt sich so leicht dahin, aber für diesen weiteren Evolutionsschritt standen immerhin etwa 30 Millionen Jahre zur Verfügung. So groß war die Zeitspanne zwischen dem Moment, an dem die ersten Pflanzen auf dem Land wuchsen, und der Ära, von der wir auf der Grundlage von Fossilfunden wissen, dass in ihr erste Wälder auf der Erde existierten. Sie bestanden vor mehr als 370 Millionen Jahren, am Ende des geologischen Zeitalters des Devon und im sich anschließenden Karbon. Seitdem überzogen stets Wälder zuerst kleine, dann immer größere Bereiche auf der Erde. Das bedeutet, dass immer mehr kohlenstoffhaltige Substanz an der Oberfläche der Erde gespeichert wurde und immer mehr Sauerstoff in die Atmosphäre gelangte. Je höher der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre war und je weniger Kohlenstoffdioxid dort vorkam, desto stärker sank die Temperatur in der Nähe der Erdoberfläche.

Die nacheinander entstehenden Gehölzbestände unterschieden sich deutlich voneinander. Die ersten Bäume wiesen noch kein sekundäres, sondern nur ein primäres Dickenwachstum auf, ähnlich wie Palmen. Bei ihnen teilten sich nur an der Spitze der Gewächse Zellen. Nach ihrer Bildung verdickten sich die Stämme nicht weiter. Das bedeutete auch: Es wurden nicht in jedem Jahr neue Wasserleitbahnen gebildet, der Baum musste sein ganzes Leben hindurch mit denjenigen Versorgungsbahnen auskommen, die er von Anfang an besessen hatte. Diese Wasserleitbahnen durften also nicht beschädigt werden, etwa durch Frost. Die Bäume existierten nur unter den Bedingungen eines tropischen, frostfreien Klimas. Außerdem konnten sie nur dort wachsen, wo reichlich Wasser zur Verfügung stand. Denn die Saugkraft, mit der Wasser aus dem Bodenbereich bis in viele Meter hohe Wipfel transportiert wurde, war bei diesen Gewächsen noch nicht sehr groß.

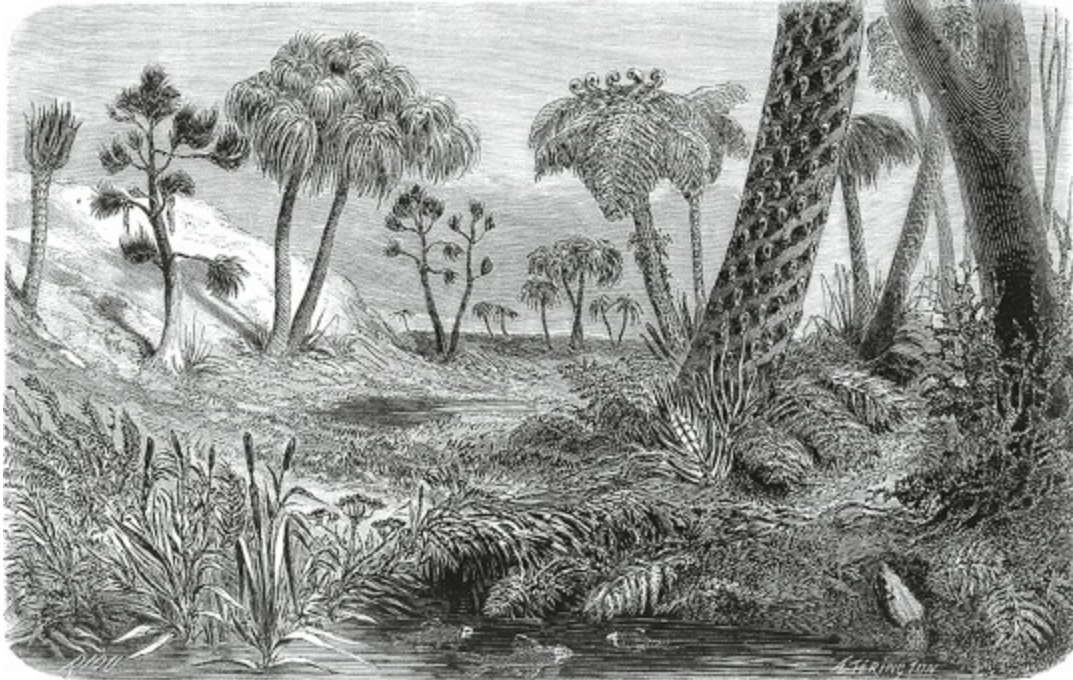


Abb. 2: Landpflanzen des Karbons, Grafik von Edouard Riou, 1863

Hinzu traten Bäume, in denen es bereits ein sekundäres Dickenwachstum gab. Das waren die Siegel- und Schuppenbäume, die zu den Bärlappgewächsen zählen, baumförmige Schachtelhalme und farnartige Gewächse. Reste von abgestorbenen Siegel- und Schuppenbäumen hat man in Ablagerungen der Steinkohle gefunden, beispielsweise im Ruhrgebiet, und zwar in riesigen Mengen. Man weiß, dass diese Gewächse bis zu dreißig Meter hoch wurden, und sie konnten einen Durchmesser von über zwei Metern erreichen. Die Bäume wuchsen in Sümpfen. Auch einfach gebaute Leitgewebe reichten aus, um den ganzen großen Baum mit Wasser zu versorgen. Diese Bäume hatten kleine, nadelförmige Blätter, von denen aus nur wenig Wasser an die Atmosphäre abgegeben werden konnte. Nur so war gewährleistet, dass die Pflanzen nicht vertrockneten, obwohl sie doch bei ihrem Wachstum im Sumpf überreichlich mit Wasser versorgt werden konnten. An trockeneren Orten, wo man heute auf die meisten Wälder stößt, hätte für die Bäume der Steinkohlenzeit nicht genug Wasser zur Verfügung gestanden.

Wenn die Bäume aus Altersgründen abstarben und umfielen oder vom Sturm umgerissen wurden, blieben ihre Stämme bis heute so gut erhalten, dass man sehr viele anatomische Details noch immer erkennen kann. Denn sie wurden unterhalb des Grundwasserspiegels im Sumpf abgelagert und dort nicht von Mikroorganismen abgebaut. Lebewesen, die organische Stoffe wie Zellulose oder Lignin zerlegen, benötigen freien Sauerstoff, der in einem Sumpf nicht oder nicht in für sie ausreichender Menge zur Verfügung steht.

Aus den toten Stämmen bildete sich zunächst Dauerhumus oder Torf, auf dem

dann weitere Ablagerungen deponiert wurden. Der Torf wurde zusammengepresst und dabei zu Stein verfestigt, zuerst zu Braun-, dann zu Steinkohle. Im Zuge dieses Prozesses fand eine Inkohlung statt; dabei wurde unter großem Druck aus Kohlenwasserstoffen reine Kohle. Solange sie nicht verbrannt wird, bildet sie einen riesigen Kohlenstoffspeicher tief im Erduntergrund.

Zum Ende der Karbonzeit und am Beginn der nachfolgenden Epoche, des Perms, wuchsen die ersten Vorläufer von heutigen Nadelbäumen auf der Erde. Damals existierten die ersten Bäume, die Jahresringe besaßen. Als Fossilien blieben die Strukturen bis heute erhalten. Daraus lässt sich ableiten, dass es nicht nur Wälder gab, deren Bäume wegen der tropenähnlichen klimatischen Bedingungen ständig wachsen konnten, sondern auch andere, in denen eine Phase des Wachstums und eine der Wachstumsruhe miteinander abwechselten. Die Ruhephase konnte durch jährlich auftretende trockene oder kalte Witterungsbedingungen ausgelöst sein. Sowohl Phasen des Regenmangels als auch der Kälte wirkten sich auf die Bäume als Trockenzeiten aus. Sie wuchsen dann nicht weiter und bildeten erst wieder neue Zellen, wenn die Witterungsbedingungen günstiger geworden waren.

Nadelbäume oder Koniferen (das bedeutet übrigens: Zapfenträger) wurden schon frühzeitig zu typischen Gewächsen trockener Gebiete und grundwasserferner Böden. Durch Leitbahnen mit einem recht kleinen Lumen, deren Zellen man Tracheiden nennt, kamen nicht sehr große Wassermengen in die Stämme hinein. Die in den engen Leitzellen wirksamen Kapillarkräfte sorgten aber dafür, dass dort Wasser festgehalten wurde. In gleichmäßigen, aber recht geringen Mengen gelangten Wasser und Mineralstoffe aus dem Wurzelbereich auch in weit vom Erdboden entfernte Kronenbereiche des Baumes, und zwar sowohl in feuchteren Witterungsperioden als auch dann, wenn weniger Wasser zur Verfügung stand. Dann konnte Wasser in den engen Röhren durch Kapillarkräfte festgehalten werden.

Nadelbäume breiteten sich vor allem in gemäßigten Bereichen der Erde unter den Bedingungen eines von Jahreszeiten bestimmten Klimas aus. Spätestens vor etwa 150 Millionen Jahren, am Ende der Jura- oder dem Beginn der Kreidezeit, vielleicht aber auch schon früher, gab es Angiospermen und damit eigentliche Blütenpflanzen auf der Welt. Alle unsere Laubbäume sind Angiospermen. An vielen Orten verdrängten sie Nadelbäume, weil sie schneller wuchsen und Fotosynthese in größerem Umfang betreiben konnten. Die Blätter der Laubbäume sind größer als Nadeln, die Blätter der Koniferen. Die Sonne trifft bei Laubbäumen auf mehr Zellen, die Fotosynthese betreiben, als bei Nadelbäumen. Und die Laubbäume haben ein leistungsfähigeres Leitbahnsystem für Wasser und Mineralstoffe. Es gibt bei ihnen zusätzlich zu den Tracheiden, die auch bei Nadelbäumen vorhanden sind, große Tracheen, deren Zellen weitlumige Röhren bilden. Es ist immer schwierig zu sagen, «warum» sich solche Strukturen bei

bestimmten Bäumen ausbildeten, bei anderen nicht. Bei Laub- und Nadelbäumen können Wasser und Mineralstoffe in trockenen Phasen in den kleinen Tracheiden transportiert werden. Bei einem hohen Wasserangebot gelangt aber durch die großen Tracheen viel mehr Wasser in einen Laubbaum, und das ist gerade im Frühjahr in den gemäßigten Breiten wichtig: Daher entwickeln sie sich im Frühholz.

Insgesamt gab es also im Lauf der Erdgeschichte immer wieder andere Wälder. Es wuchsen neue Pflanzen empor, die früher entstandene Typen verdrängten. Das «Kommen und Gehen» von Waldtypen, das natürlich eine außerordentlich geringe Geschwindigkeit hatte, lief zur gleichen Zeit ab wie ein ebenfalls sehr langsamer Prozess an der Erdoberfläche: die Kontinentalverschiebung. Kontinentalmassen bewegten sich im Lauf der Jahrtausende in ganz geringer Geschwindigkeit von gemäßigten in arktische Breiten oder in die Tropen und wieder zurück. Dabei trennten sie sich voneinander, so dass sich auch Wuchsgebiete von Pflanzen voneinander separierten. Die Gewächse entwickelten sich fortan unabhängig voneinander, es entstanden unterschiedliche Pflanzenarten. Kontinentalmassen stießen auch aneinander; einen schon viele Millionen Jahre andauernden Zusammenstoß von Kontinentalmassen «erleben» wir «derzeit» in Europa. Denn Afrika wandert nach Norden und kollidiert mit den Kontinentalmassen, die Europa bilden. Dabei kann es zu einem Austausch von Florenelementen aus Afrika und Europa kommen. Der «Zusammenstoß» der beiden Kontinente führte zur Bildung der Alpen und benachbarter Hochgebirge wie den Pyrenäen und den Karpaten. Sie bilden heute eine von West nach Ost verlaufende Barriere in Europa, die es erschwert, dass sich Pflanzen von der einen Seite der Hochgebirge auf deren andere ausbreiten können.

Während der Kontinentalverschiebung änderten sich im Lauf von sehr langen Zeiträumen die Selektionsbedingungen, und zwar vor allem in Abhängigkeit von den verfügbaren Wassermengen. Im Lauf der Zeit entstanden Wälder an immer mehr Standorten, in Abhängigkeit davon, dass es mit der Zeit immer mehr Baumarten gab, die auch auf trockeneren Standorten und in kälteren Regionen existieren konnten. Je besser Wasser in den Bäumen transportiert werden konnte, desto mehr Standorte konnten von Wäldern besiedelt werden. Im Lauf der Zeit entwickelten sich also auch immer mehr verschiedene Wälder, in denen zunehmend mehr Kohlenstoff gespeichert wurde. Und der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre nahm ständig weiter zu.

Mit der Pflanzenwelt gemeinsam entwickelte sich die Fauna. Manche Meeresstraßen zwischen den Kontinentalmassen blieben für etliche Tiere besser überwindbar als für Pflanzen.

Es ist möglich, dass der Ablauf der Evolution außerdem durch Katastrophen wie den Einschlag eines riesigen Meteoriten auf der Halbinsel Yucatán in Mexiko

beeinflusst wurde, der vor etwa 66 Millionen Jahren zur Bildung des Chicxulub-Kraters führte. Dabei kam es zu einer gewaltigen Explosion, zur Bildung einer Flutwelle, zur Freisetzung von Gasen, und die riesigen Mengen an Staub schränkten die Fotosynthese ein. Dies veränderte mit Sicherheit die Evolutionsrichtungen der Lebewesen auf der Erde; viele Arten von Lebewesen verschwanden. Wir wissen das deshalb, weil die Fossilienzusammensetzung der Kreidezeit, vor dem Einschlag, eine andere war als diejenige des Paläogens, das man früher als den älteren Abschnitt des Tertiärs bezeichnete. Viele Typen von Tieren und Pflanzen aber gab es auch vor und nach dem Meteoriteneinschlag, und die Evolution sehr vieler Gruppen von Arten setzte sich auch danach fort.

Nach jeder Katastrophe entwickelten sich neue Wälder. Insgesamt nahm die von Wäldern bedeckte Fläche zu. Und auch Pflanzen wuchsen an immer mehr Standorten: zunächst nur im Meer, dann in der Nähe des Meeres, in Sümpfen, an anderen feuchten, dann auch immer trockeneren Stellen. Und an allen Orten setzten sich diejenigen Gewächse am besten durch, die die größte Fotosyntheserate besaßen und am effizientesten Wasser vom Erdboden in große Höhen transportieren konnten. Die damit zusammenhängenden Vorgänge sind bis heute nicht abgeschlossen. Im Prinzip laufen sie immer weiter ab, solange es Leben auf der Erde gibt.