Zeitschrift: Wechselwirkung : Technik Naturwissenschaft Gesellschaft

Herausgeber: Wechselwirkung

Band: 10 (1988)

Heft: 38

Artikel: Unwiederbringbare Natur : die Folgen der Abholzung im Amazonasgebiet

Autor: Sioli, Harald

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-652974

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

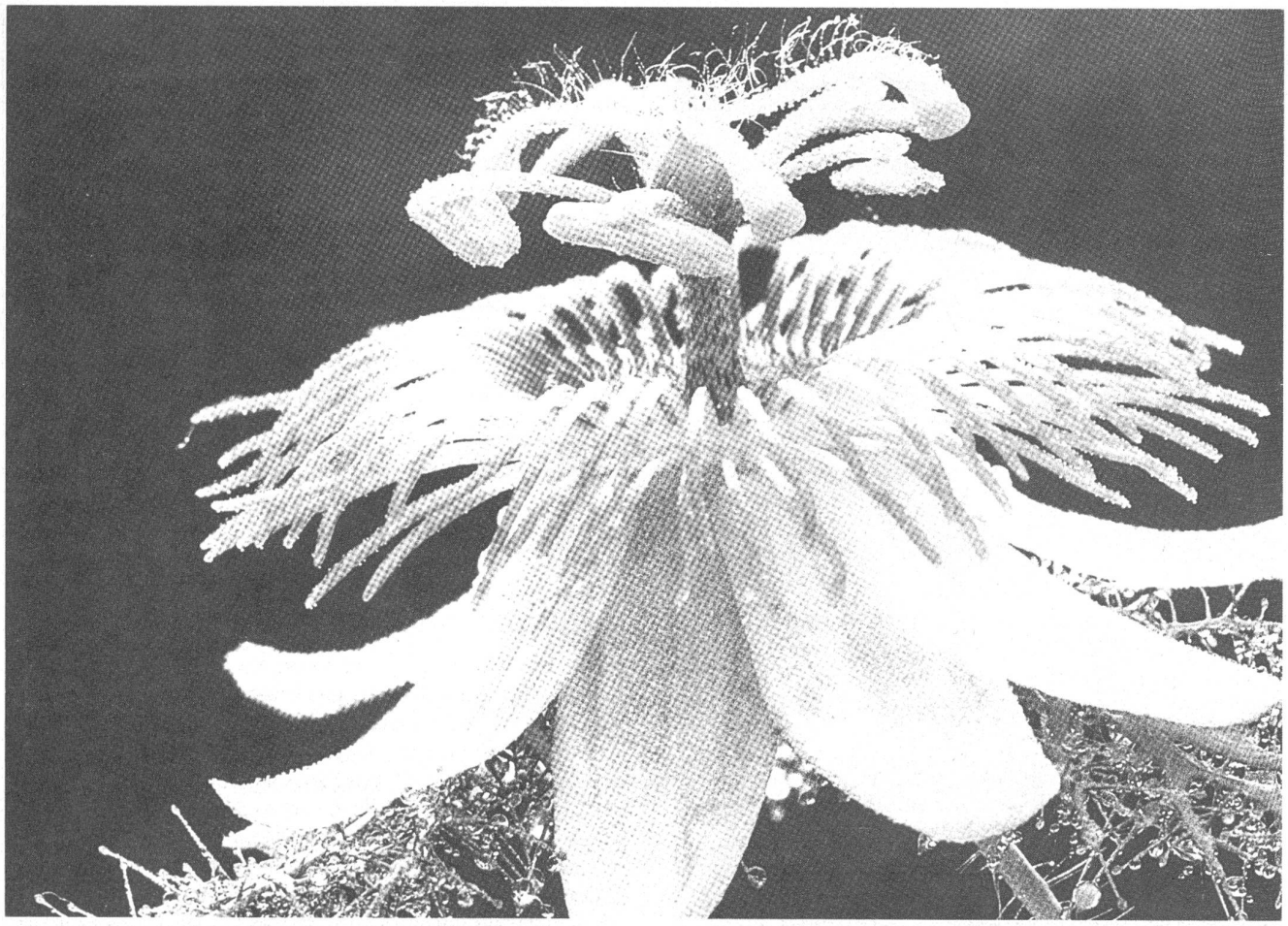
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 24.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



Unwiederbringbare Natur

Die Folgen der Abholzung im Amazonasgebiet

Trotz der üppigen Vegetation ist ein wesentliches Kennzeichen des Amazonasgebietes die Armut der Böden und des Wassers an mineralischen Nährstoffen. Diese sind fast alle in der Vegetation des Waldes gebunden und werden innerhalb des Ökosystems durch eine Vielzahl geschlossener Kreisläufe mit hochkomplexen Mechanismen wiederverwendet. Wird der Wald geschlagen und gebrannt, werden die Nährstoffe schnell ausgewaschen und der Boden bleibt unfruchtbar zurück. Die großflächigen Rodungen lassen befürchten, daß das Amazonasgebiet in eine gigantische Sandsavanne verwandelt wird.
Im folgenden Beitrag beschreibt Harald Sioli, emeritierter Direktor am Max-Planck-Institut für Limnologie in Plön und seit Jahrzehnten mit den Problemen des Amazonasgebietes vertraut, die Funktionsweise des Ökosystems und die Folgen, die sich aus der Abholzung ergeben.

von Harald Sioli

Ein Überblick über die Folgen der Abholzung des Amazonasgebietes muß mit einer Einführung in die wichtigsten Eigenheiten und Wirkungsweisen der Ökologie dieser Region beginnen. Ich werde mich im folgenden dabei auf die mit Hochwald bedeckte »terra firme« des Amazonas-Tieflandes beschränken.

Der erste Wissenschaftler, der die beeindruckenden und grundlegenden ökologischen Eigenheiten dieses Gebietes entdeckte, war der Schweizer Hans Bluntschli. Zu Beginn der zwanziger Jahre schrieb er: »Nun wird es einem zum Bewußtsein, daß Wind und Ebene, Wald und Wasser innerlich zusammenwirken, und man versteht, daß unter ihrem Einfluß alles und jedes in Amazonien stehen muß, vom kleinsten Lebewesen bis zum Handel und Wandel der Menschen.«

Bluntschli hat damals noch keine chemischen Analysen des Wassers gemacht und wußte offenbar nicht, daß bereits Anfang des Jahrhunderts die überraschende chemische Reinheit und Weichheit des Wassers entdeckt wurde.

Die systematische Erforschung der chemischen Zusammensetzung des Wassers im Amazonasgebiet begann erst nach 1945 und ist auch heute noch nicht abgeschlossen. Die frühen Ergebnisse wurden bestätigt und sie gelten für den größten Teil der mit Wald bedeckten Amazonasregion: der »Hyläa« von Alexander von Humboldt.

Die einzige Ausnahme bilden einige kleine Zonen mit besonderen geologischen Verhältnissen und diese gilt insbesondere für das Vorland der Anden. Hier ist das Wasser mineralisch reicher und die Böden sind fruchtbarer; die Bedingungen sind ganz andere als in der terra firme, dem nicht überschwemmbaren Land Zentralamazoniens. Die meisten Gewässer sind hier in elektrolytischer Hinsicht so rein, daß man sie mit destilliertem Wasser minderer Qualität oder mit Regenwasser vergleichen kann.

In einem Feuchtklima wie der »Hyläa« mit einer voll entwickelten Bewaldung – d.h. mit einer über einen langen Zeitraum konstanten Biomasse – werden alle löslichen Substanzen im Boden freigesetzt und durch Verwitterung aus dem Boden ausgewaschen. Da sie nirgends zurückgehalten oder angereichert werden, wie es bei einer zunehmenden Vegetationsmasse der Fall wäre, müssen diese Substanzen in den Quellen und kleineren Flußläufen wieder in Erscheinung treten. Da aber diese Gewässer so arm an gelösten Mineralstoffen sind, müssen wir schließen, daß auch der Boden entsprechend arm ist und keine nennenswerten Mengen an mineralischen Substanzen einschließlich der pflanzlichen Nährstoffe enthält. Die Folgerung daraus kann nur sein, daß die Böden sehr unfruchtbar sind. Entsprechende Bodenanalysen haben dies bestätigt.

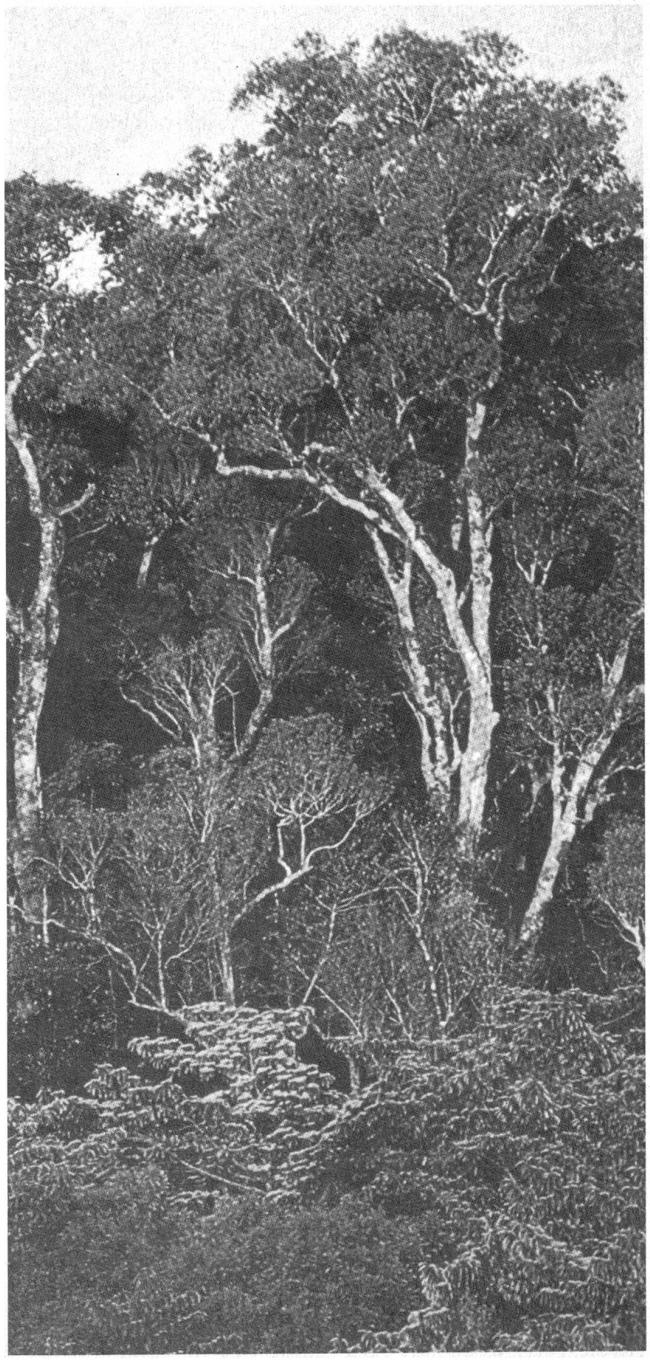
Nährstoffkreisläufe

Trotz dieser Unfruchtbarkeit des Bodens wächst im Amazonasgebiet ein üppiger Wald. Auf den ersten Blick scheint dies paradox und bedarf deshalb einer Erklärung. Die Antwort besteht darin, daß die Waldvegetation in diesem Ökosystem mit einer streng geschlossenen Zirkulation der Nährstoffe innerhalb der Biomasse auf diese Herausforderung reagiert hat. Dieser geschlossene Kreislauf derselben Nährstoffmoleküle durch die Generationen der Urwaldorganismen, Pflanzen und Tiere hindurch ist eine der grundlegenden Gesetzmäßigkeiten in der Funktionsweise dieses tropischen Regenwaldes.

Untersucht man den Nährstoffkreislauf im Detail, so findet man, daß die Natur mit allen möglichen Mitteln es geschafft hat, Verluste an Nährstoffen in diesem Kreislauf zu reduzieren. Auf den Waldböden gibt es keine nennenswerte Humusauflage. Dadurch ist das Wurzelsystem der Bäume sehr flach und bleibt in der Regel auf die oberen 20 bis 30 cm beschränkt und ist durchschnittlich dreimal dichter als bei Wäldern in gemäßigten Breiten.

Das deutet darauf hin, daß die Nährstoffe nicht einmal zeitweilig in der toten Materie auf dem Boden gespeichert werden (durch die starken Regenfälle würden sie auch dort schnell ausgewaschen werden), sondern sie werden aus der Laubstreu und den Exkrementen und Überresten der Tiere, die im feuchtwarmen Klima rasch zersetzt werden, sofort wieder in die Wurzeln der lebenden Vegetation zurückgeführt. Die Zersetzung der Streu wird vorwiegend von Pilzen geleistet, es konnte sogar gezeigt werden, daß Pilze mit einem Ende ihrer Hyphen in einem sich zersetzenden Blatt, mit dem anderen in einer lebenden Wurzel sitzen und damit eine direkte Brücke zur Übertragung der freiwerdenden Nährstoffe ohne Verlust bilden. Und erst vor wenigen Jahren wurden Details der Symbiose zwischen Pilzen (Mykorrhizen) und den Wurzeln amazonischer höherer Pflanzen bekannt.

Mit welch geringen Verlusten die Nährstoffe in diesem Kreislauf zirkulieren, konnte durch vergleichende Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung von Regenwasser, dem Wasser, das von dem Blätterdach tropft, dem Stammablauf und dem Grundwasser in einem Wald in der Nähe von Manaus gezeigt werden. Während das Regenwasser äußerst arm an gelösten Bestandteilen ist – wie zu erwarten in einer Gegend, die abseits der industriellen Zivilisation liegt –, war das Tropfwasser und das des Stammablaufes sehr reich an gelösten Stoffen, darunter den mineralischen Nährstoffen für den Pflanzenwuchs. Das Grundwasser zeigte aber wieder praktisch die gleiche Zusammensetzung wie das Regenwasser. Das bedeutet aber, daß das Wurzelwerk der Bäume als hoch wirksamer Filter wirkt. Es hält alle gelösten Substanzen zurück und führt sie unmittelbar den Bäumen wieder zu, ohne daß etwas an das



Grundwasser und die Flüsse verlorengeht, wo sie letztendlich ins Meer gelangen würden und so für das Ökosystem des Waldes verlorengehen würden.

Die mineralische Reichhaltigkeit des Wassers im Blätterwerk und an den Stämmen wird nicht nur durch den Sickereffekt an den Blättern und den auf anderen Pflanzen wachsenden Pflanzen (Epiphyten) und Blätterkakteen (Epiphyllen) erklärt, sondern weit mehr durch die Tatsache, daß der größte Teil der Fauna des Amazonasgebietes in oder auf dem Blätterdach der Bäume lebt: Insekten, Vögel bis hin zu den Nasenbären und Affen. Sie versorgen sich dort nicht nur mit Nahrung, sondern ihre Ausscheidungen werden vom Regenwasser als »Dünger« heruntergewaschen. Die Fauna ist damit vollständig in den allgemeinen Nährstoffkreislauf einbezogen.

Darüber hinaus leben die Epiphyten (Bromeliaceen, Orchideen, Farne, Moose usw.) und Epiphyllen nicht, wie früher angenommen, vom Staub – den es im regenfeuchten Walde nicht gibt –, sondern von den Nährstoffen, die aus den Ausscheidungen der tierischen Bewohner des Kronenraumes der Bäume stammen und von der »Wasserspülung« der Regen heruntergewaschen werden. In den Baumkronen spielt sich somit ein zusätzlicher Unterkreislauf im großen allgemeinen Kreislauf ab.

Die dichte Geschlossenheit des Kreislaufes und das schnelle Zurückführen der Nährstoffe sind also die wesentlichsten Bedingungen für die Existenz des tropischen Regenwaldes.

Die Böden der terra firme enthalten bis zu 80% und mehr feinkörnigen Quartzsand, der Rest besteht als einzigem vorhandenem Tonmineral aus Kaolinit (Bestandteil der Porzellan-Tonerde Kaolin). Aufgrund der geringen Absorptionsfähigkeit von Kaolinit könnte der Boden niemals Nährstoffe zurückhalten, auch solche nicht, die bei der Zersetzung organischer und anorganischer Stoffe freigesetzt werden würden. Der erste Regen würde diese Stoffe aus dem Boden auswaschen und sie dem Ökosystem entziehen.

Die gute Wasserdurchlässigkeit des Bodens unter der Waldbedeckung verhindert den oberflächlichen Ablauf des Regenwassers und, zusammen mit dem dichten Kronendach, die Oberflächenerosion. Die Blätter fangen zudem die schweren Tropfen der tropischen Gewitterregen auf und lassen das Wasser von ihren Träufelspitzen in feinen Tropfen zur Erde fallen. Auch dadurch wird die Bodenerosion vermieden.

Die Vielfalt des Ökosystems

Das grundlegende Problem für den Bestand des amazonischen Wald-Ökosystems war der Mangel an Nährstoffreserven. Nachdem dieses durch den geschlossenen Nährstoffkreislauf überwunden war, hat die Natur hier das vielfältigste Ökosystem entwickelt, das wir auf der Erde kennen. Die Zahl von Pflanzen- und Tierarten wurde bis vor kurzem auf 1,5 bis 2 Mio. geschätzt, heute liegen die Schätzungen bei 30 Mio. Davon sind allerdings nur etwa 500 000 der Wissenschaft bekannt. Durch eine solche Artenzahl ist der allgemeine große Nährstoffkreis wiederum in eine Unzahl kleinerer, untergeordneter Kreisläufe unterteilt, durch welche die zur Verfügung stehende begrenzte Nährstoffmenge auf's beste für die Produktion von möglichst viel Leben genutzt wird. Auch die eingeborenen Menschen sind in ihren ursprünglichen Kulturen bestens in dieses System eingepaßt. Die Vielfalt der Arten kann als ein weiteres »Prinzip« des amazonischen Wald-Ökosystems angesehen werden.

Diese Vielfalt bedeutet nicht nur, daß eine gleich große Anzahl ökologischer Nischen vorhanden und besetzt ist. Sie zeigt auch an, daß diese Pflanzen- und Tierarten zusammen mit den abiotischen,

unbelebten, Umweltbedingungen durch alle Wechselwirkungen und Rückkopplungen usw. ein großes Wirkungsgefüge bilden, das eine enorm große Zahl von kleinen und großen Regelkreisen umschließt, die sich alle wiederum gegenseitig beeinflussen. Gleichzeitig hängen sie alle davon ab, daß der größte Regelkreis dieses Systems, der dicht geschlossene Nährstoffkreis, mit einem Minimum an Verlusten arbeitet.

Die hochkomplexe, vielfältige und reiche Lebensgesellschaft Amazoniens hat sich im Verlauf von Jahrmillionen ohne Unterbrechung durch Eiszeiten oder allgemeine Trockenperioden entwickelt. Ihre Vernichtung wird wahrscheinlich allergrößte Auswirkungen auf das Leben auf der Erde und seine Zukunft haben. Nicht nur die gegenwärtige Vielfalt, der Reichtum und die Schönheit verarmen, auch ein hoher Prozentsatz des Genbestandes und seiner Reserven werden durch die großflächigen Entwaldungen unwiederbringlich zerstört. Damit wird auch ein zukünftiges Evolutionspotential abgeschnitten sein.

Die Folgen der Entwaldung

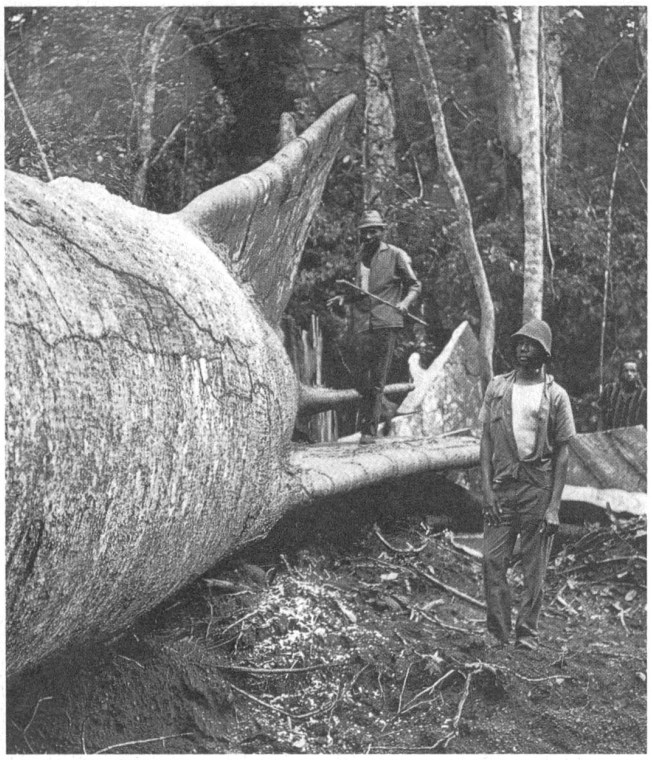
Vor dem Hintergrund der ökologischen Besonderheiten der terra firme im Amazonasgebiet können wir einen Ausblick auf einige vorhersagbare Konsequenzen geben, welche bestimmte »Entwicklungsprojekte« auslösen. Alle diese Projekte greifen in den Regenwald durch großflächige Entwaldungen ein und dies fast immer nur zu Exportzwecken.

Die Abholzung unterbricht den dicht geschlossenen Nährstoffkreislauf des Ökosystems. Die anorganischen Bestandteile der Biomasse, insbesondere die Nährstoffe, werden beim Verbrennen des gefällten Waldes freigesetzt und sind dann in der Asche enthalten, da sie sich nicht – wie gezeigt – im Boden befinden. Die meisten davon werden beim ersten Regen ausgewaschen und von der Oberfläche der freigelegten Flächen weggespült oder gehen im Grundwasser verloren. Der Rest an Nährstoffen wird durch die Pflanzungen oder über Weidegras von Rindern aufgenommen und mit der Ernte oder als Fleisch exportiert.

Nicht nur der nährstoffarme Boden, der noch dazu erodiert und verdichtet wird, bleibt zurück, und die Nährstoffe, die in der Biomasse des Waldes vorhanden gewesen waren, sind für immer verloren. Auch die Tragfähigkeit der Viehweiden, die im östlichen Teil der Hyläa, in der Nähe der großen Straße Belém-Brasília, angelegt wurden, ging innerhalb weniger Jahre von anfangs 0,9 – 1 Kopf Rindvieh auf 0,3 Kopf pro Hektar zurück. Die zur Verfügung stehenden Nährstoffe bilden die Grundlage für eine konstante biologische Produktivität, ihr unersetzbarer Verlust verringert und begrenzt nicht nur die Ernten, sondern auch die Bioproduktion.

Oberflächenerosion und Bodenverdichtung

Die Böden, Sedimente wie auch dicke Verwitterungsschichten der amazonischen terra firme sind leicht erodierbar. Mit der Entwaldung werden diese Böden und Schichten ihres Schutzes durch die dichte Kronendecke des Waldes beraubt und dem direkten Aufprall der heftigen Regen- und tropischen Gewittergüsse ausgesetzt. Ein Ersatz durch kurzfristige landwirtschaftliche Kulturen oder durch gepflanzte Gräser bietet nicht den früheren Schutz. Bei gepflanzten Viehweiden kommt noch hinzu, daß es für den Besatz durch Rinder kein trittfestes tropisches Gras gibt. Außerdem verdorren die Weidegräser während der trockenen Jahreszeiten, die



Narbe wird noch stärker den Witterungseinflüssen ausgesetzt, der nackte Boden wird durch die ungeschützte Sonneneinstrahlung stark erhitzt und seine Mikroflora weitgehend abgetötet. Es kommt die Gefahr auf, daß das Land in eine »dust-bowl«, einen Staubkessel, verwandelt wird – Staubentwicklung, früher in Amazonien unbekannt, ist entlang der neuen Straßen während der Trockenzeit bereits üblich.

Der ehemals poröse Waldboden wird außerdem durch die Abholzung kompaktiert, verdichtet; Abholzungen, vor allem auf Hanglagen, erhöhen auch dadurch den oberflächlichen Abfluß der Regen. Mit dem Einsetzen der nächsten Regenzeit wird der ungeschützte, staubtrockene Boden mit beispielloser Intensität erodiert und in die Bäche und Flüsse gespült.

Versandung

Die Versandung der nackten Bodenoberfläche ist eine weitere Folge der Entwaldung. Der direkte Aufschlag der schweren Regentropfen bewirkt, was eine »selektive Erosion« genannt werden kann: Die feinen Tonpartikel werden fortgeschwemmt, während der gröbere und schwerere Sand zurückbleibt. Dieses Phänomen kann schon auf kleinen Flächen beachtet werden, die für längere Zeit ohne Schutz geblieben sind. Das auffallendste Beispiel für derartige selektive Erosion sind die berühmten »sandigen Campos« (versandete offene Baumsavannen) bei Santarém, die der britische Naturforscher Henry Walter Bates im letzten Jahrhundert beschrieben hat. Im Laufe der Zeit dringt die »Versandung« immer tiefer in den Boden vor und verringert dabei die Fähigkeit, Wasser zu speichern. Solche Bodenverhältnisse sind dann besonders feindlich für junge Keimlinge von Waldbäumen und verhindern letztendlich ein Nachwachsen des Waldes.

Die Zunahme des oberflächlichen Abflusses der Regen und der Bodenerosion sowie jahreszeitliche Veränderungen der Regenverteilung werden offensichtliche Folgen auf die Sedimentführung und die Ablagerungsvorgänge der Flüsse haben. Plötzlich auftretende und höhere Hochwässer, niedrigere Wasserstände während der Trockenzeiten, größere Schwebstofflasten und Bodenfrachten der Flüsse sowie Sedimentablagerungen an unvorherbestimmbaren Stellen der Flußbetten sind zu erwarten.

Entwicklung für wen?

Es erhebt sich die Frage, was hinter den »Entwicklungsprojekten« steht, deren Fürsprecher weder Verständnis für das Ökosystem noch Achtung vor ihm haben und nur auf die Ausbeutung der vorhandenen oder erhofften Ressourcen und Reserven des Amazonasgebietes aus sind.

Es ist nur zu deutlich, daß solche Pläne nicht von den Einheimischen Amazoniens stammen, sondern von Menschen, sei es aus Europa, Nordamerika, Japan oder den modernen Zentren in Südbrasilien, deren Gedankenwelt sich unter ganz anderen geographischen, historischen, kulturellen und sozialen Bedingungen entwickelt hat, welche heute in der »hochentwickelten« industriell-kommerziellen Lebensform ihren Höhepunkt gefunden haben. Und diese Pläne sind konzipiert und ausgearbeitet zu dem einzigen Zweck, dieser weltweit gewordenen Zivilisation zu dienen – und nicht dem Wohle der lokalen amazonischen Bevölkerung von Indianern, Caboclos oder anderen, die sich in das Leben Amazoniens integriert haben. Es ist eine zweite Welle der Eroberung, die heute auf die letzten, riesigen Landstriche übergreift, die von der ersten Welle der Eroberung und der danach allmählicher vordringenden »Zivilisierung« verschont geblieben waren.

Es wäre statt dessen notwendig, sich um die einheimischen Menschen zu kümmern, deren Zahl ebenfalls rasch wächst, um die Befriedigung ihrer materiellen Bedürfnisse und den Schutz ihrer bodenständigen Kultur und um ihre Zukunft.

Die gegenwärtigen Großprojekte zu Exportzwecken und einer Mega-Kolonisation mit landfremden Siedlern richten sich gegen die Bevölkerung Amazoniens und die zukünftigen Generationen.

Eine wirklich rationale und dauerhafte Nutzung Amazoniens muß statt dessen das Wohl eben dieser Bevölkerung im Auge haben und auf einer strikten Beachtung der inzwischen längst wohlbekannten ökologischen Besonderheiten jenes Landes beruhen. Das bedeutet das Gegenteil der heutigen »Entwicklungs« politik. Der amazonische Wald muß in seiner Vielfältigkeit auf Dauer, d.h. als Kontinuum in Zeit und Raum, erhalten werden. In ihm können Siedlungszentren begrenzter Ausmaße und in beschränkter Zahl in genügendem Abstand voneinander als »Inseln« menschlichen Gemeinschaftslebens geschaffen werden. Der Kreislauf der Nährstoffe muß auch in diesen menschlichen Nutzungsarealen aufrechterhalten bleiben. Exportprodukte dürfen nur in geringem Maße erzeugt werden, soweit sie für die Beschaffung unbedingt notwendiger Dinge, die nicht im Lande hergestellt werden können, unerläßlich sind und soweit die mit ihnen ausgeführten Nährstoffe auch wieder ersetzt und in den Lebensprozeß integriert werden können.

Als gedankliche Grundlage für eine solche erhaltende, nicht zerstörerische Nutzung der verwundbaren amazonischen Landschaft können die Vorstellungen E.F. Schumachers dienen, die er in seinem Buche »Small is Beautiful« zum Ausdruck gebracht hat. ♦

Der Artikel von Harald Sioli ist eine überarbeitete Fassung eines Beitrags des Autors, der unter dem Titel »The Effects of Deforestation« in der englischen Zeitschrift »The Ecologist« erschien. Wir danken dem Verlag für die freundliche Genehmigung des Abdruckes.