

# Typen tropischer Urwälder in Peru

Autor(en): **Ellenberg, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal  
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **110 (1959)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-765095>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Typen tropischer Urwälder in Peru<sup>1</sup>

Von *Heinz Ellenberg*

Geobotanisches Institut der ETH, Zürich

Oxf. 228.81(213)

## 1. Einführung

Die meisten Schilderungen und wissenschaftlichen Untersuchungen von tropischen Urwäldern beziehen sich auf gebirgige oder sumpfige Lagen. Denn die Wälder auf den leichter zugänglichen und landwirtschaftlich besser nutzbaren Böden sind großenteils bereits vernichtet oder zeigen zu deutliche Spuren menschlicher Nutzung, als daß man sie noch als Urwälder ansprechen könnte. Nur in der Amazonas-Niederung Südamerikas blieben bis heute ausgedehnte Tieflandswälder unberührt, namentlich in Peru, das der Verfasser im Jahre 1957 neun Monate lang bereisen durfte. Für die tropischen Regenwälder dieses Landes bilden die Anden einen breiten und hohen Schutzwall gegen die dicht besiedelte Pazifikküste. Auf der andern Seite schützt sie der lange und durch die Zollschranken Brasiliens verteuerte Weg, den alle Produkte bis zum Atlantischen Ozean zurücklegen müssen.

Diese Tieflands-Urwälder unterscheiden sich in vielen wesentlichen Zügen von dem Bild, das wir uns gewöhnlich vom «tropischen Urwald» machen. Großenteils sind sie weder von Lianen durchschlungen noch von Epiphyten überwuchert, und man kann sie auf lange Strecken ohne Hilfe des Haumessers durchwandern. Trotz der hohen Niederschläge ist das Blattwerk des Unterwuchses wie der Bäume ledrig, also meso- bis xeromorph und nicht hygromorph gebaut. Kauliflore Bäume und sonstige biologische Besonderheiten der Tropen findet man seltener als man erwartet. Darüber hinaus erweisen sich die meisten dieser Wälder als äußerst arm an jagdbarem Wild und an Schlangen. Unter den Insekten macht man mit Zecken und Ameisen weit unangenehmere Bekanntschaft als mit Mücken und anderen gefährlicheren Arten, weil deren Larven hier zu wenige Lebensorte finden. Man ist geradezu enttäuscht, wie wenig abenteuerlich Urwaldwanderungen sein können.

<sup>1</sup> Teil eines vor der Zürcher Botanischen Gesellschaft gehaltenen Vortrags. Der Verfasser möchte auch bei dieser Gelegenheit allen Aemtern und Persönlichkeiten herzlich danken, die ihn bei seiner Forschungsreise im Jahre 1957 unterstützten. Vor allem richtet sich dieser Dank an das Peruanische Landwirtschaftsministerium und an die Leitung des Humboldthauses in Lima sowie an die Deutsche Ibero-Amerika-Stiftung und die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Die Untersuchungen im Amazonasgebiet erleichterte besonders der Geologe Dr. Koch von der Erdölgesellschaft «El Oriente». Diejenigen in Nordperu wurden durch die großzügige Hilfe des Geologen Dr. Petersen und der staatlichen Oelgesellschaft «Empresa Petrolera Fiscal» möglich.

Was für den Geobotaniker bald zum eindrucksvollsten Erlebnis wird, ist die Fülle verschiedenartiger Waldgesellschaften, die es in diesem auf den ersten Blick eintönigen Bäumemeer gibt, und ihr enger Zusammenhang mit bestimmten Umweltsbedingungen. Entgegen der von Aubréville und manchen andern Tropenforschern vertretenen Ansicht begegnet man nicht einem Urwald schlechthin, dessen Variationen rein zufälliger Natur wären, sondern zahlreichen gut unterscheidbaren und offenbar gesetzmäßig wiederkehrenden Artenkombinationen.

Allerdings ist es schwer, diese Kombinationen vollständig und in vielen Beispielen zu erfassen, wie wir dies in europäischen Wäldern zu tun pflegen. Nur wenige Arten sind an Ort und Stelle sicher bestimmbar. Man muß sammeln und bei vielen Pflanzen hoffen, daß Blätter und Holzproben genügen, um sie zu identifizieren. Walderfahrene Indios wissen aber eine erstaunliche Zahl von Arten oder doch Gattungen zu unterscheiden und zu benennen. Im Laufe der Zeit erwirbt man selber ebenfalls einen recht sicheren Blick für die Merkmale der Formen, besonders wenn man es sich zur Regel macht, auf einer und derselben etwa 10 Aren großen Probefläche nötigenfalls tagelang zu arbeiten, bis sämtliche irgend zu unterscheidenden Arten registriert sind, und für diesen Zweck alle nicht ohne weiteres anzusprechenden Bäume fällen läßt. Wie in Mitteleuropa findet man übrigens die besten Differentialarten der Waldgesellschaften nicht unter den hohen Bäumen, sondern meist in den tieferen Schichten.

Obwohl erst ein kleiner Teil meiner Sammlung bestimmt werden konnte<sup>1</sup>, wage ich es hier, einen Ueberblick über meine Ergebnisse zu veröffentlichen, weil ich glaube, daß er insbesondere dem Forstmann dienlich sein könnte und daß er geeignet ist, *manche nicht allgemein zutreffenden Vorstellungen vom tropischen Urwald zu berichtigen oder einzuschränken*. Dabei kann ich mich im wesentlichen mit der Schilderung von Lebensformen-Kombinationen, also von Formationen, begnügen, weil schon diese eine unerwartete Mannigfaltigkeit und eindeutige Beziehungen zu ihrer Umwelt zeigen.

Um die Besonderheit der tropischen Tieflands-Urwälder klarer hervortreten zu lassen, seien sie zunächst mit den übrigen tropischen Waldformationen verglichen, die in Peru ebenfalls recht gut zu studieren sind. Denn das Klima dieses verhältnismäßig kleinen Landes bietet nahezu sämtliche in den Tropen möglichen Variationen vom allmonatlich humiden Regentyp bis zur niederschlagslosen Wüste und von heißen Niederungen bis zum ewigen Schnee.

<sup>1</sup> Die Bearbeitung übernahm in freundlicher Weise das Botanische Museum und Herbarium in Utrecht unter der Direktion von Herrn Prof. Dr. Lanjouw.

## 2. Tieflands-Urwälder bei ungleich langer Trockenzeit

Als erste sei die Reihe der Formationen (oder richtiger gesagt Formationsgruppen) betrachtet, die man im peruanischen Tiefland bei zunehmender Zahl der Trockenmonate antreffen kann. Hierunter verstehen wir mit Lauer die ariden Monate, in denen die Verdunstung größer ist als die Menge der Niederschläge. Diese Reihe ist in Abb. 1 in Anlehnung an Beard halbschematisch dargestellt, allerdings mit dem Unterschied, daß die Kronen der immergrünen Bäume schwarz und die der regengrünen Gehölze trocken-kahl erscheinen, um ihren Gegensatz stärker hervortreten zu lassen.

Der *eigentliche tropische Regenwald* großer Teile des Amazonas-Gebietes ist immergrün und saisonlos. Blattfall und Blatterneuerung erfolgen bei den meisten Arten kontinuierlich. Hier und dort sieht man wohl auch kahle Kronen, doch werfen nicht alle Individuen derselben Art gleichzeitig ihr Laub ab. Vom Flugzeug aus erscheinen die Kronen nicht dachartig geschlossen, sondern in der obersten, 40 bis über 60 m hohen Baumschicht mehr oder minder weit voneinander getrennt. Darunter staffeln sich niedrigere Bäume wechselnder Höhe, ohne daß man durchgehende Schichten erkennen könnte. Es war mir unmöglich, die von Richards und andern beschriebene Dreischichtigkeit solcher Wälder dort zu sehen, wo sie von Menschenhand völlig unberührt sind. Das Ueber- und Nebeneinander der Kronen ist bereits in etwa 10 m Höhe so dicht, daß nur noch wenige Sonnenflecken auf den von toten Blättern locker bedeckten Boden hinab dringen. Ein krautiger oder moosiger Unterwuchs fehlt deshalb so gut wie ganz, und schlankstämmig-glattrindige Bäume aller Altersklassen beherrschen die Formation von oben bis unten. Manche der «Ueberbäume» verbreitern ihre Wurzelhäuse in höherem Alter durch einseitiges Dickenwachstum zu brettartigen Stützen, die den jüngeren Individuen derselben Art noch fehlen. Einige hochwüchsige Palmen bilden Adventivwurzeln, die eine ähnliche mechanische Funktion zu erfüllen vermögen. In den Regenwäldern der Amazonas-Niederung, über die zwar selten heftige Stürme, wohl aber häufig böige Gewitterwinde hinwegbrausen, trifft man solche Brett- oder Stützwurzeln besonders auf kolloidreichen, physiologisch flachgründigen Böden regelmäßig an.

Der immergrüne Regenwald ist auch in der Amazonas-Niederung außerordentlich artenreich. Auf dem Hektar sind stets mehr als 100 Holzarten, oft sogar mehr als 200 vereint. Meist bilden diese ein buntes Gemisch; nur im Unterwuchs stehen hier und dort Individuen derselben Spezies gruppenweise beieinander. Vor allem ist das an den etwas lichter Stellen der Fall, wie sie durch das Absterben überalterter Bäume entstehen. Diese stürzen selten als Ganzes um, sondern verlieren nach und nach ihre vermorschenden Äste, bis schließlich auch der Hauptstamm, von Pilzen längst stark zersetzt, in sich zusammenbricht. Umgefallene Baumstämme

sieht man deshalb in den vom Menschen noch nicht gestörten Niederungs-Urwäldern nur selten, zumal alle Holzreste ebenso wie die täglich anfallenden toten Blätter sehr rasch mineralisiert werden. Am häufigsten findet man Palmenarten gruppenweise beieinander, vermutlich, weil sie reichliche und längere Zeit keimfähig bleibende Früchte hervorbringen.

Aus Lichtmangel ist der Unterwuchs der Tieflands-Regenwälder in der Regel so spärlich, daß man ohne große Mühe in beliebiger Richtung gehen kann und durch die zahlreichen Bachläufe stärker behindert wird als durch Lianengewirr oder dichtes Gestrüpp. Nur an manchen absterbenden Ueberbäumen entwickeln sich Lianen kräftiger, und auf den lichterem Aesten derselben findet man endlich auch einige höhere Pflanzen als Epiphyten, während man sonst Dutzende von Kronen gefällter Bäume absuchen kann, ohne eine einzige zu entdecken. Als Ursachen für diesen Mangel dürfen u. a. die Glätte der Baumrinden und der Lichtmangel gelten, der in den rasch emporschießenden Kronen eintritt, bevor sich xeromorphe oder sukkulente und deshalb langsam wachsende Epiphyten recht entwickeln konnten. Und nur solche vermöchten im Kronenraum zu existieren, weil Hygrophyten und Moose unter der Trockenheit zu leiden hätten, die hier bei der starken Sonneneinstrahlung täglich einige Stunden lang eintritt. Als einziger Aufwuchs überziehen Krustenflechten die dünnen Baumrinden mit mancherlei Grautönen, die sich vom dunklen Grün der Blättermassen wirksam abheben.

Was in diesen Regenwäldern anfangs ebenso überrascht wie die *Seltenheit der Epiphyten und Lianen*, ist der außerordentlich *flache Wurzelraum* eines so üppigen und hohen Baumbestandes. In tonhaltige Böden dringen die meisten Wurzeln nicht tiefer als ein bis zwei Dezimeter ein, und die Masse der Feinwurzeln hält sich unmittelbar unter der Oberfläche des Bodens, wo sie die Zersetzungsprodukte der Streu sofort aufnehmen kann und außerdem niemals unter Luftmangel leidet, der durch gestautes Sickerwasser bei den häufigen Regenfällen schon in geringer Tiefe herrscht. Lediglich in reinem Sand wurzelt der Wald beträchtlich tiefer und bildet 2–3 m lange Taschen von Humus-Orterde in dem stark gebleichten Podsol.

In manchen Teilen des Amazonasgebietes reichen die Niederschläge während 1–3 Monaten nicht aus, um den Verdunstungsverlust zu decken. Dadurch wird der Vegetation eine Rhythmik aufgeprägt, die sich z. B. im simultanen Kahlwerden mancher Bäume äußert. Der Urwald ist hier aber noch im wesentlichen immergrün und unterscheidet sich wenig vom eigentlichen Regenwald, so daß die meisten Forscher ihn nicht als besonderen Typus abtrennten. Mit Beard erscheint mir dies jedoch notwendig, weil nicht nur das Artengefüge in charakteristischer Weise abweicht, sondern auch die Produktionskraft und Höhe der Baumschicht durchschnittlich geringer ist. Wie der genannte Autor möchte ich diese Formationsgruppe als *immergrüne Saisonwälder der Tropen*

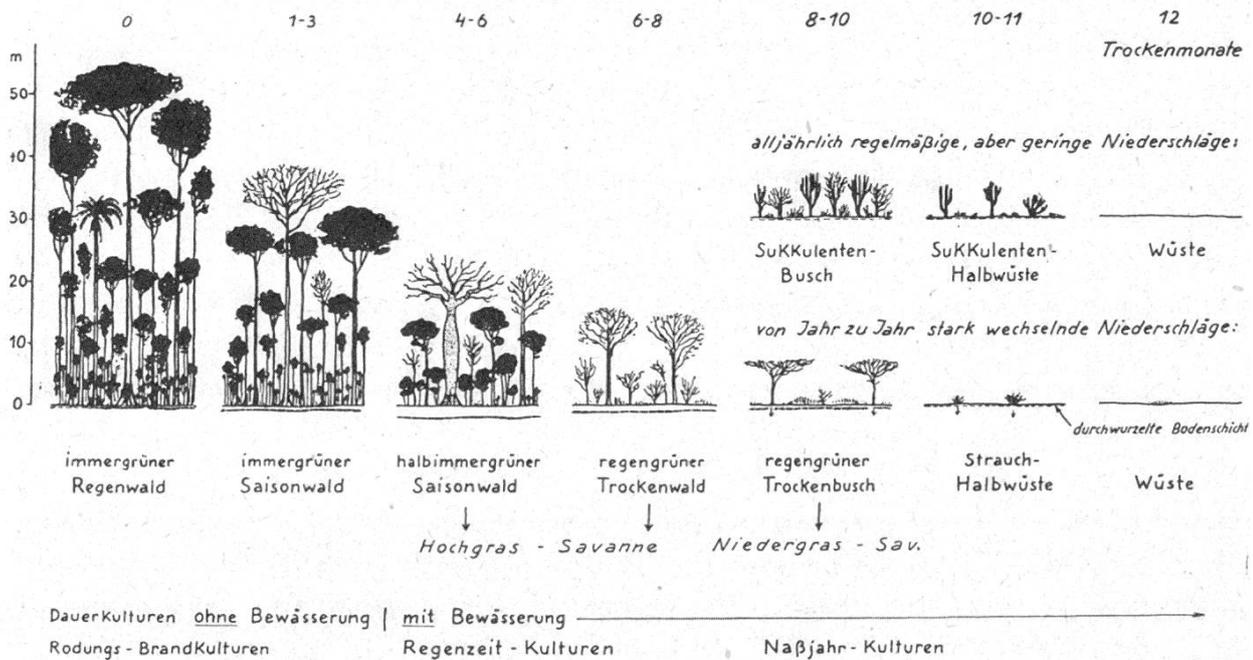


Abb. 1:

Klimatisch bedingte Pflanzenformationen des peruanischen Tieflandes bei zunehmender Dauer der Trockenzeit.

bezeichnen. Sie sind ebenso arm an Epiphyten und Lianen wie der saisonlose Regenwald. Selbst auf den zeitweilig kahlen Kronen entdeckt man nur selten eine von diesen «typisch tropischen» Lebensformen.

Im nordperuanischen Küsten- und Bergland setzen die Niederschläge mehrere Monate lang völlig aus. Hier können deshalb nur noch halbimmergrüne Saisonwälder oder noch stärker an Trockenzeiten angepasste Formationen gedeihen. Die obere Baumschicht der «halbimmergrünen» Wälder ist fast ausschließlich regengrün und enthält eine viel geringere Zahl von Arten als die beiden schon besprochenen tropischen Urwaldtypen. Stellenweise wird sie von Bombacaceen (*Ceiba*) gebildet, deren olivgrün berindete Stämme Wasser speichern und mit ihren Brettwurzeln einem Flugzeugrumpf gleichen. Die nicht wasserspeichernden Bäume haben dicke und meist rissige Rinden, und alle schützen ihre Knospen während der Trockenzeit gegen Wasserverluste. Selten werden die Bäume höher als 20 m, können aber ein fast geschlossenes Dach bilden. Im Unterwuchs halten noch zahlreiche Immergrüne durch, darunter auch echte Sträucher (mit basitoner Verzweigung), die den immergrünen Regenwäldern aus Lichtmangel fehlen. Spreizklimmer und ephemere Lianen machen das Unterholz stellenweise schwer durchdringbar. Gewöhnlich kann man eine obere und untere Baumschicht, eine stark gestaffelte und unregelmäßige Strauchschicht und eine fleckenweise gehäufte Krautschicht

unterscheiden. Letztere besteht fast ausschließlich aus regengrünen Kräutern und Gräsern, von denen nicht wenige annuell sind.

Im Gegensatz zum Regenwald wurzelt der halbimmergrüne Saisonwald tief und nutzt den gesamten vom Niederschlagswasser durchfeuchteten Bodenraum aus. Die Hauptmasse der Baumwurzeln findet man bis in etwa 1 m Tiefe, doch gehen einzelne bis über 3 m hinab. Der krautige Unterwuchs dagegen wurzelt flacher und vergilbt infolgedessen bald nach Beginn der Trockenzeit, weil alles für ihn erreichbare Wasser verbraucht ist. Ähnlich verhalten sich auch die vorwiegend annuellen Pflanzen der «Hochgras-Savannen», die aus dem natürlichen Walde durch Holzschlag, Brand und Viehweide entstanden sind und in Peru nach meinen Untersuchungen sämtlich als anthropo-zoogen angesehen werden müssen. Unterhalb des normalen Wurzelbereichs dieser Hochgrasbestände, d. h. von etwa 50 oder 60 cm Tiefe ab, enthält der Boden noch am Ende langer Trockenzeiten beträchtliche Mengen Wasser, das nur Tiefwurzler zu nutzen vermöchten — eben die Holzarten des Waldes, der hier von Natur aus gedeihen würde.

Ist bereits der halbimmergrüne Saisonwald in Nordperu größtenteils vernichtet oder herabgewirtschaftet worden, so gilt dies für den regengrünen Trockenwald in noch stärkerem Maße. Dieser trockenkahle «Trockenwald» erinnert in vieler Hinsicht an den winterkahlen Wald der gemäßigten Breiten, insbesondere an Eichen- oder Eschenwälder mit strauchigem Unterholz. Das Laub des Trockenwaldes ist frischgrün und mesomorph wie das unserer mitteleuropäischen Sommerwälder, also viel weniger ledrig als das der immergrünen Gehölze. Es transpiriert aber viel stärker und nahezu ungehemmt, solange der Boden genügend Wasser enthält. Nach dem Ende der Regenzeit vergilbt es und fällt braun zu Boden wie bei uns im Herbst. Wie aus dem halbimmergrünen Saisonwald sind auch aus dem Trockenwald savannenähnliche Landschaften entstanden. Doch kann man an steileren Hängen und in siedlungsfernen Gegenden unter den gleichen Klimabedingungen noch viele waldartig geschlossene Restbestände dieser durch und durch regengrünen Formation finden.

Im nordperuanischen Küstenland schwanken die Niederschlagsmengen der Regenzeit von Jahr zu Jahr außerordentlich stark, nämlich von kaum 300 bis über 1000 mm. Diesem scharfen Wechsel in der Wasserversorgung sind regengrüne Bäume und Sträucher besser gewachsen als hochwüchsige Sukkulente. Denn sie vermögen die Gunst nasser Jahre oder Jahresfolgen durch rasches Wachstum und Verlängern der Assimilationsdauer auszunutzen. Sie übergipfeln im natürlichen Konkurrenzkampf sogar *Armato-cereus cartwrightianus*, die mächtigste der Baumkakteen, ziemlich schnell. Obwohl sie in langen Trockenperioden teilweise absterben, regenerieren sie sich verhältnismäßig leicht wieder und machen in feuchten Jahren durch ungehemmtes Emporschießen wett, was sie in trockenen Jahren einbüßten.

Das trifft auch für den regengrünen Trockenbusch zu, der bereits zur Busch-Halbwüste überleitet und hier nicht näher behandelt werden soll. Denn diese offeneren Formationen sind von Weberbauer (1945) in seinem klassischen Werk über die Pflanzenwelt der peruanischen Anden eingehend beschrieben worden, während er die tropischen Niederungswälder nur randlich berührte.

Den im Wasserhaushalt außerordentlich plastischen Formationen Nordperus stehen die Trockengebüsche und Halbwüsten Mittel- und Südperus gegenüber, in denen Kakteen und wasserspeichernde Holzgewächse vorherrschen. Hier fallen im Jahresdurchschnitt nur wenige hundert Millimeter Niederschlag, diese aber mit großer Regelmäßigkeit alljährlich. Unter solchen Bedingungen sind die flach wurzelnden, langsam wachsenden und mit dem Wasser sparsam haushaltenden Sukkulenten im Vorteil und ersetzen die niedrigen Bäume und Sträucher der entsprechenden Formationen Nordperus.

Wenn man die baum- oder buschförmigen Kakteen ebenfalls zu den «Holzgewächsen» rechnet, kann man mit dem Blick auf Abb. 1 zusammenfassend sagen, daß sich im peruanischen Tiefland nirgends von Natur aus Steppen oder Savannen zwischen die Wälder und Wüsten einschalten. Vielmehr herrschen «Gehölzformationen» in der ganzen Reihe, die um so lockerer, niedriger und artenärmer werden, je länger die Trockenzeit dauert.

Gemeinsam ist der in Abb. 1 dargestellten Reihe, daß ihr epiphytische Phanerogamen und Moose so gut wie ganz fehlen. Diesen Lebensformen sagen offenbar die extremen täglichen Schwankungen der Luftfeuchtigkeit nicht zu, die sogar während der Regenzeit in fast allen tropischen Tieflagen eintreten. Nur dort, wo die Einstrahlung viele Stunden lang durch Wolkenschatten herabgemindert wird oder wo Nebel für eine gleichmäßig hohe Luftfeuchtigkeit sorgen, finden die meisten Epiphyten günstige Ansiedlungs- und Lebensbedingungen. Solche Voraussetzungen sind in Peru wie in andern Tropenländern nur ausnahmsweise im Tiefland gegeben. Erst von einer gewissen Höhe im Gebirge aufwärts werden sie zur Regel, namentlich in der Wolkenzone, die in den östlichen Anden zwischen etwa 800 und 2500 m schwankt. In solch nebelreichen Höhen liegen übrigens fast alle klassischen Vorbilder des «tropischen Urwaldes», wie ihn unsere Lehrbücher schildern.

### 3. Höhenstufung der tropischen Urwälder

Abb. 2 gibt die Stufenfolge der Waldformationen halbschematisch wieder, die man bei Aufstiegen aus der Amazonas-Niederung auf die Hochflächen der Anden in Mittelperu erlebt. Die Abnahme der Wärme in dieser Reihe kann an den ungefähren Jahresdurchschnitten der Lufttemperatur abgelesen werden. Ein besseres Bild von den Wärmeverhält-

nissen würden zwar die täglichen Schwankungsbreiten der Temperatur vermitteln; doch liegen darüber zu wenig Daten vor. Bis in die obere Wolkenstufe hinein sind die Temperaturspannen verhältnismäßig klein. Darüber vergrößern sie sich beträchtlich. Von etwa 4200—4400 m an aufwärts kann es allnächtlich frieren. Tagsüber jedoch erwärmen sich die Boden- und Pflanzenoberflächen bis auf über 30 °C und mehr. Selbst im Tiefland steigen die Temperaturen kaum höher an; sie sinken hier aber selten unter 20 °.

Der Uebergang vom Tieflands-Regenwald zum *montanen Regenwald* vollzieht sich allmählich und wird erst von etwa 500 m Meereshöhe ab merkbar. Am auffälligsten ist das Zunehmen der Epiphyten, über dessen Gründe schon berichtet wurde, und der Lianen, denen die geringere Wuchskraft und der lichtere Stand der Bäume zugute kommt. Im übrigen erinnert der montane Wald noch sehr an den Regenwald der Niederungen und wurde bei allgemeinen Darstellungen tropischer Urwälder ja häufig mit diesem gemeinsam behandelt. Er ist aber floristisch und physiognomisch genügend unterschieden, um ihn als eigene Formationsgruppe aufzufassen zu können.

Von etwa 1400 m Höhe an ändert sich die Waldstruktur grundsätzlich, ebenso wie das Klima, das nun spürbar kühler und nebelreicher und infolgedessen luftfeuchter wird. Hier im *Nebelwald* ist die *eigentliche Heimstätte der tropischen Epiphyten*, namentlich der ungezählten Farne, Orchideen und Bromeliaceen. Sie vermögen sich auf der rauhen Rinde und den verkrümmten Stämmen der langsam wachsenden Bäume zu halten und leicht auszubreiten. In den unteren Schichten des Waldes treten Baumfarne hervor, die ein beträchtliches Lichtbedürfnis haben. Stellenweise bilden Bambuseen und andere Lianen zähe Dickichte. Auf den Aesten und unteren Stammteilen der Bäume ebenso wie auf dem Boden schwellen Moosüberzüge und tragen wesentlich zur Ansammlung von Humus bei, die hier viel stärker ist als in den heißen Niederungen. Hygromorphe bis mesomorphe Farne und Selaginellen findet man im Unterwuchs, während die Bäume noch vorwiegend ledrige Blätter haben und auch die Epiphyten Anpassungen an zeitweilige Trockenheit zeigen. Denn wenn einmal die Sonne durchbricht, kann es sogar im Kronenraum des Nebelwaldes vorübergehend recht trocken werden.

Oberhalb des Gürtels häufigster Wolkennebel wird der Charakter der Waldvegetation in den Anden zunehmend xerisch. Erinnerungen an die *Hartlaubwälder* des europäisch-afrikanischen Mittelmeergebietes drängen sich auf, und zwar sowohl beim Betrachten der kleinen, steifen Blätter, des gedrungenen Wuchses und der kräftigen Borke der Bäume als auch beim Aufnehmen des Unterwuchses. Im Naturwalde bilden die zahlreichen Straucharten nur selten dichte Bestände, und Kräuter und Gräser fehlen stellenweise ganz. Allerdings ist dieser Waldtyp in den Anden meistens zu

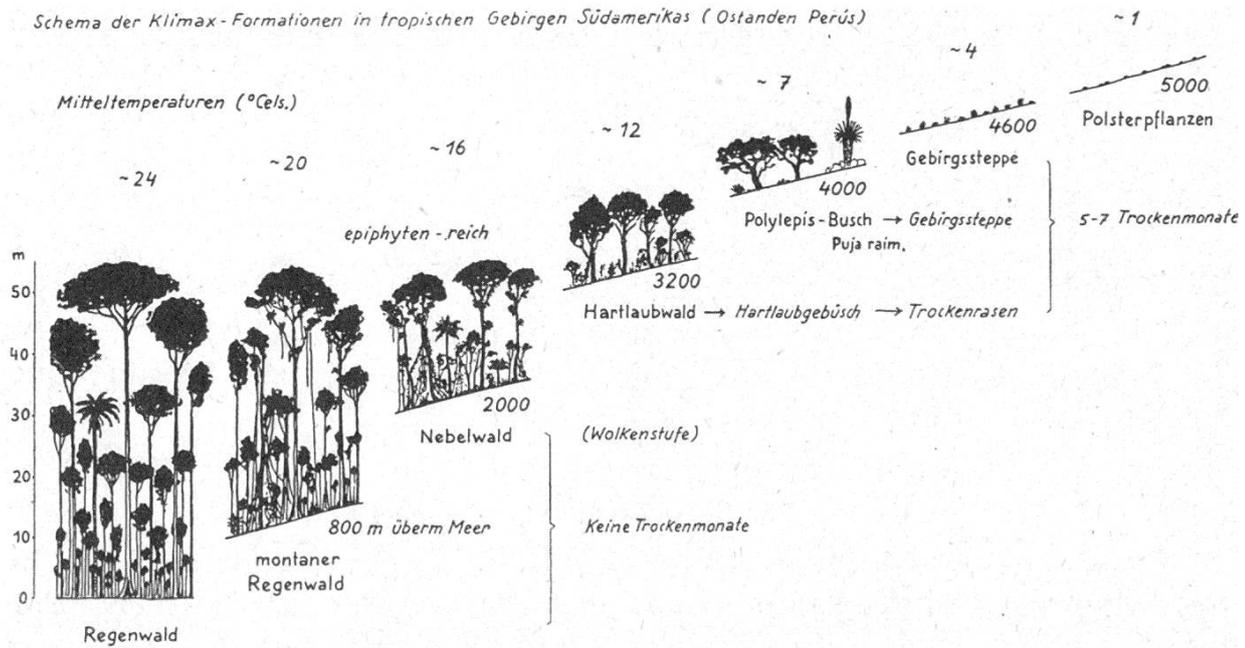


Abb. 2:

Klimatisch bedingte Pflanzenformationen der östlichen Anden Perus bei zunehmender Meereshöhe.

garigue-ähnlichen, offenen Gebüsch herabgewirtschaftet worden oder längst verschwunden. Denn wie die Wälder des Mittelmeergebietes haben die andinen Bergwälder unter einer mehrmonatigen Trockenzeit zu leiden und wie diese wurden sie schon früh und dicht besiedelt.

Ehemals müssen die Anden bis über 4000 m Höhe hinauf bewaldet oder doch bebuscht gewesen sein (vgl. Ellenberg 1958). Die wenigen heute noch vorhandenen Reste natürlicher Vegetation haben aber stark unter unregelmäßigem Holzschlag und Beweidung gelitten und sind längst keine Urwälder mehr. Wie alle Wälder nahe der Baumgrenze waren sie stets sehr artenarm. Fast überall wurden sie von der Rosaceen-Gattung *Polylepis* beherrscht. An flachgründigen Hängen mag auch die Riesen-Bromeliacee *Puya raimondii* konkurrenzfähig gewesen sein. Wie in den Alpen und anderen Gebirgen der Erde wurde die natürliche Waldgrenze durch extensive Weidewirtschaft im Laufe vieler Jahrhunderte beträchtlich herabgedrückt. Heute treffen wir deshalb in den Anden von etwa 3700 m Höhe aufwärts fast überall Gebirgssteppen oder andere baumlose Formationen.

Geht man nicht von Regenwäldern, sondern von Saison- oder Trockenwäldern oder gar von Halbwüsten in der Ebene aus, so ist die Höhenstufung der Vegetation selbstverständlich anders als die eben geschilderte. Im Hinblick auf die Epiphyten zeigt sie aber beachtenswerte Parallelen. Auch vom *halbimmergrünen Saisonwald* und vom *regengrünen Trockenwald* gibt es nämlich im nördlichen Peru *montane Ausbildungsformen*,

und zwar in solchen Höhenlagen, in denen sich während der Regenzeit häufig Wolkennebel bilden und sogar in der Trockenzeit hin und wieder solche Nebel auftreten. Hier sind es in erster Linie die wurzellosen Tillandsien, besonders die bartflechtenähnliche *Tillandsia usneoides*, die sich auf den Baumstäben verbreiten, weil sie ihren Wasserbedarf unmittelbar aus dem Nebel decken können. Aber auch Kakteen, Peperomien und stark xeromorphe Orchideen finden sich unter den Epiphyten solcher Gebirgs-Trockenwälder. Montanes, nebelreiches Klima ist für die Entwicklung tropischer Epiphyten also eine wichtigere Voraussetzung als hohe und gleichmäßig über das Jahr verteilte Regenmengen.

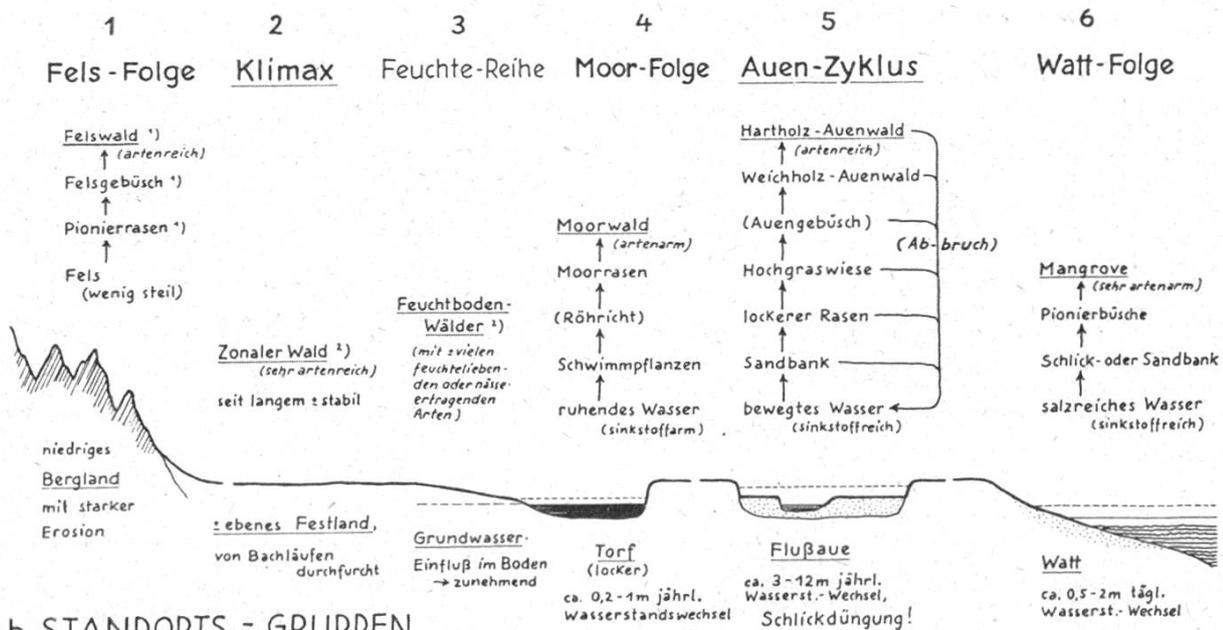
#### 4. Waldtypen im Bereich des Tieflands-Regenwaldes

Sowohl in Abb. 1 als auch in Abb. 2 sind nur die zonalen, also die in erster Linie klimabedingten Formationen dargestellt worden. Von lokalen Standortsbedingungen, wie sie durch *verschiedene Gesteins- und Bodenarten* oder durch *verschiedene Wasserführung* des Bodens geschaffen werden, haben wir bisher bewußt abgesehen. Diese Vereinfachung darf aber nicht zu dem Schluß verleiten, daß die Bodenverhältnisse in den Tropen eine unbedeutende Rolle für das Zustandekommen bestimmter Pflanzenformationen und Artenkombinationen spielten. Peru bietet vielmehr sehr schöne Beispiele dafür, daß der Einfluß des Bodens selbst durch ein sehr humides Tropenklima nicht ausgeglichen werden kann.

Zur Erläuterung dieses Befundes möge das in Abb. 3 wiedergegebene Schema dienen. Es faßt die wichtigsten Vegetationsformationen im Bereich des peruanischen Tieflands-Regenwaldes zu *6 standörtlich bedingten Gruppen* zusammen. Die ersten 5 sind im Amazonasgebiet auf mehr oder minder großen Flächen gut vertreten, während die «Watt-Folge» nur an der nordperuanischen Küste vorkommt und auch dort nur fragmentarisch entwickelt ist. Sie soll hier ganz außer Betracht bleiben, zumal die Mangrove die beststudierte tropische Formation ist und hier nichts Neues über sie gesagt werden könnte.

Auf den nicht überschwemmtten tertiären Sedimenten der Amazonas-Niederung hat sich die Vegetationsentwicklung und Bodenreifung seit Jahrhunderttausenden ungestört vollziehen können. Wenn überhaupt irgendwo auf der Erde, so muß also hier das Endstadium, die *K l i m a x* (2), erreicht worden sein. Ueberraschenderweise ist aber dieses Endstadium nicht überall das gleiche. Vielmehr haben sich auf tonigem Boden, auf Lehm, auf sandigem Lehm und auf reinem Sand ganz verschiedene Gesellschaften und Bodentypen herausgebildet. Da das Ergebnis der Pflanzenbestimmungen und Bodenanalysen noch nicht vollständig vorliegt, soll über diesen Befund erst später und an anderer Stelle eingehend berichtet werden. Hier möge die Feststellung als solche genügen. Sie bestätigt die von *T ü x e n* für Mitteleuropa im Gegensatz zu älteren Vorstellungen

a. VEGETATIONS - FORMATIONEN im Bereich des tropischen Tieflagen-Regenwaldes



b. STANDORTS - GRUPPEN

<sup>1)</sup> Artengefüge verschieden je nach Gesteinsart (Kalk, Mergel, Kristallin, Sandstein)  
<sup>2)</sup> Bodenart (Tonig, lehmig, lehmig-sandig, sandig)

Abb. 3:

Schematische Uebersicht der Pflanzenformationen und ihrer Standorte im peruanischen Tiefland östlich der Anden.

entwickelte Ansicht, daß sich auf kalkreichen, silikatreichen und quarzigen Böden niemals die gleiche Klimax einstellen könne, sondern daß man von einer «Klimaxgruppe» sprechen müsse.

Da sich die Klimaxwälder des Amazonasgebietes seit unabsehbar langer Zeit in einem dynamischen Gleichgewicht befinden, ist es müßig, ihre Entwicklung rekonstruieren und etwa gar ein «Sukzessionsschema» für sie aufstellen zu wollen. In fortschreitender Entwicklung befindet sich nur stellenweise die Vegetation der mehr oder minder felsigen Bergücken (1), die aber größtenteils bereits in der montanen oder in der Nebelwaldstufe liegen. Sogar im Nebelwaldgebiet vollzieht sich übrigens die Entwicklung vom nackten Gestein zum bewaldeten Boden außerordentlich langsam, wenn sie nicht durch seitliche (kolluviale) Zufuhr von Feinerde oder durch feinerdereiche Gesteinsspalten beschleunigt wird. So findet man z. B. manche seit etwa 400 Jahren nicht betretene Treppenstufen und Randsteine aus Granit im Walde oberhalb der Inkastadt Machupicchu heute noch nackt oder nur dünn von Moosen bewachsen.

Rasch und auffällig ist dagegen die Vegetationsentwicklung im Bereich der sandigen Flußauen (5), vor allem des Amazonas und seiner größeren Nebenflüsse. Denn hier schafft das fließende Wasser durch Abbrüche und Anspülungen immer wieder neue Standorte und begünstigt zudem die darauf fußenden Pflanzenbestände, indem es sie mit Sink-

stoffen düngt. Schon wenige Jahre genügen, um ein aus *Paspalum* oder andern Gräsern bestehendes hohes Grasdickicht entstehen zu lassen, das man mit dem europäischen *Phalaridetum* vergleichen könnte. Auf genügend hoch gelegenen Ufern stellen sich weidenähnliche Gebüsche oder ein von Cecropien beherrschter Weichholz-Auenwald ein, der etwa dem *Alnetum incanae* entspricht. Hat sich genügend lehmige Feinerde abgelagert und wird der Boden nur noch von den höchsten Hochwässern überflutet, so kann sich schließlich ein artenreicher Hartholz-Auenwald ausbilden, der dem Regenwald auf höher gelegenen Tertiärböden strukturell ähnelt, aber lianenreicher ist. In einer Jugendphase herrschen in ihm *Ficus*-Arten, später aber ein vielfältiges Artengemisch. An Prallufern untergräbt der Fluß den von ihm selbst einst aufgeschichteten Auelehm, läßt die Baumriesen ins Wasser stürzen und schließt so den Entwicklungszyklus. In den mannigfachsten Variationen kann man alle Stadien desselben neben- und durcheinander im Pendelbereich der großen Tieflandsströme beobachten.

Ganz anders verläuft die Entwicklung in abgeschnürten Altarmen und anderen kaum noch oder gar nicht mehr von schlickbringenden Fluten erreichten Stillwassern. Diese sind nährstoffarm und sauer, verlanden aber langsam unter Mitwirkung von Schwimmpflanzen oder Schwingrasen. Meist ist das Endstadium dieser Torfbildung, ein Fächerpalmen-Moorwald (4), bereits erreicht. Derselbe von *Mauritia* beherrschte, artenarme und mit nur wenigem Unterholz versehene Waldtyp überzieht viele Quadratkilometer in den großen tektonischen Senken, die sich im Amazonasgebiet hier und dort gebildet haben und noch bilden. Er ist die einzige Formation der peruanischen Amazonas-Niederung, die sich durch zahlreiche Selaginellen und andere mehr oder minder hygromorphe Bodenpflanzen auszeichnet.

Wo das Gelände vom Fächerpalmen-Moor allmählich bis zu einem der Klimax-Wälder ansteigt, trifft man auf eine Reihe von vermittelnden Waldgesellschaften, in denen mehr oder minder zahlreiche nässeertragende oder feuchtigkeitsliebende Arten vorkommen. Diese **b o d e n f e u c h t e n** **R e g e n w ä l d e r** (3) entsprechen gewissermaßen den feuchten Eichen-Hainbuchenwäldern, die sich in Mitteleuropa zwischen den Erlenbruchwald und die meistens von Rotbuchen beherrschten Klimax-Wälder einschalten.

Ueberhaupt könnte das Schema der Abb. 3 mit nur geringen Abwandlungen auch für Mitteleuropa und andere humide, von Natur aus waldbedeckte Tiefländer gelten. *Die standörtliche Gliederung der Tropenwälder im Amazonasgebiet weist also viel mehr Parallelen zu der uns vertrauten Gliederung der winterkahlen Wälder auf als man bisher vermutete* und als auch der Verfasser anfangs für möglich hielt.

Allerdings darf man diese Parallelisierung nicht zu weit treiben und

muß sich der ökologischen und floristischen Eigenart der Tropenwälder immer bewußt bleiben. Ich halte es insbesondere für abwegig, unsere heimischen Wälder als verarmte Abkömmlinge tropischer Regenwälder aufzufassen, aus denen sie sich nach und nach infolge klimatischer Ungunst entwickelt hätten. Allenfalls darf man sie an die Reihe der regenrünen Trockenwälder anschließen, mit denen sie physiognomisch und in der Kombination der Lebensformen viel mehr Ähnlichkeit haben. Der Vergleich der tropischen mit den mitteleuropäischen Tieflandswäldern sollte nur die Erkenntnis betonen, daß sich die Tropenwälder in ähnlicher Weise gliedern lassen wie die Wälder der gemäßigten Zone und daß sie standortsabhängige Gesellschaften bilden.

Wie in Mitteleuropa wird man deshalb auch in den südamerikanischen Tropen auf die ökologische Mannigfaltigkeit der Wälder Rücksicht nehmen müssen, wenn man sie mit größtem Dauergewinn bewirtschaften will. Noch ist die Zeit allerdings in Ländern wie Peru für solche Gedankengänge ebenso wenig reif wie für den vorsorgenden Naturschutz. Der Mensch sieht sich dort einer solchen Ueberfülle ungenützten Waldes gegenüber, daß er kein anderes Streben kennt, als ihn auf jede mögliche Weise auszubeuten. Da dieses Streben uralte ist und da das Amazonasgebiet wie das Andengebirge vor der spanischen Eroberung viel dichter besiedelt war als heute, sind übrigens weit größere Waldflächen bereits vom Menschen beeinflußt worden, als der heute dort Reisende zunächst annehmen möchte.

##### 5. Einflüsse des Menschen auf die tropischen Wälder

Wenn man genügend oft und lange wirklich unberührte Wälder durchwandert hat, gewinnt man einen Blick für die Folgen der verschiedenen menschlichen Eingriffe. Fast immer äußern sie sich in einer *Verdichtung und physiognomischen Vereinheitlichung des Unterwuchses*. Je nach der Art und Intensität dieser Eingriffe kann man verschiedene Typen von anthropogenen Waldstrukturen unterscheiden.

Am leichtesten sind *Sekundärwälder* zu erkennen, die nach der für landwirtschaftliche Zwischennutzung üblichen Brandrodung entstanden sind. Sie enthalten zahlreiche raschwüchsige Weichhölzer, die z. T. aus Auenwäldern stammen (z. B. Cecropien). Noch nach Jahrhunderten sind sie monotoner als der wechsellagernde gestaffelte und artenüberreiche Urwald. Als jüngere Dickungen, wie man sie in der Nähe der Siedlungen und Verkehrswege häufig antrifft, sind sie schwer zu durchdringen, zumal sich oft auch Lianen an ihrem Aufbau beteiligen. Sie geben den Hauptanlaß dafür, daß sich der Reisende von «Dschungeln» umgeben wähnt. Da die Weichhölzer im Alter leichter zusammenbrechen als die hartholzigen Ueberbäume des Urwaldes, findet man in den Sekundärwäldern auch häufiger umgestürzte Stämme. Wie lange es dauert, bis ein solcher Sekundärwald wieder eine dem Primärwald ähnliche Struktur und Arten-

kombination annimmt, ist nicht bekannt. Es dürfte mehr als ein halbes Jahrtausend dazu nötig sein; doch sind exakte Aussagen unmöglich, weil jede Handhabe fehlt, das Alter der jahrringlosen Regenwaldbäume sicher zu bestimmen.

Noch weiter als die Brandrodung greift die **H o l z k o h l e g e w i n - n u n g** in die Umgebung größerer Siedlungen hinaus. Da das Produkt auf dem Rücken transportiert werden kann, ist diese Form der Waldnutzung nicht an Fahrwege gebunden. Noch in fast 30 km Entfernung von Iquitos sah ich kunstvoll geschichtete oder bereits abgerauchte Meiler. Im Umkreis von 50–100 m um solche Meiler werden alle mittelstarken Hölzer geschlagen, während man die dickeren Bäume stehen läßt und das Unterholz nur dort mit der Machete entfernt, wo es die Arbeit mit der Axt behindert. Nach einigen Jahrzehnten sieht ein so behandelter Bestand «urwaldähnlicher» aus als der unberührte Wald. Denn die hohen Ueberbäume blieben erhalten, sind aber stärker als gewöhnlich mit Lianen behangen. Das Unterholz schoß gestrüppartig dicht empor und bildet jetzt eine scharf abgesetzte zweite Baumschicht. Vom Holzschlag aber findet man kaum noch Spuren, weil alle toten Strünke bereits vollkommen zersetzt sind.

Nutzholz wird in den Amazonas-Wäldern nur **e i n z e l s t a m m w e i s e** und nur dort geschlagen, wo Fahrwege oder Flüsse in der Nähe sind. Denn die teuren und langen Transporte lohnen sich nur für wenige hochwertige Hölzer. Ueberall aber, wo Bäume gefällt wurden, entwickelt sich das Unterholz infolge des stärkeren Lichteinfalls rascher und kräftiger, als wenn dieselben Bäume von Natur aus allmählich abgestorben wären. Dadurch verstärkt sich in der Nähe der Verkehrswege der dschungelartige Eindruck auch dort, wo noch keine Kahlschläge stattfanden und der unkritische Betrachter durch niemals berührten Urwald zu reisen vermeint.

In verhältnismäßig geringem Maße wurde die Urwaldstruktur durch das Gewinnen von Gummi an wilden *Hevea*-Bäumen oder durch das Ent-rinden alkaloidliefernder Bäume verändert. Die Spuren dieser besonders extensiven Eingriffe verwischen sich schon nach wenigen Jahrzehnten. Man darf sie beim Studium der Pflanzengesellschaften vernachlässigen, während alle zuvor geschilderten sorgfältig ausgeschlossen werden müssen, wenn man ein einwandfreies Bild der Urwaldnatur gewinnen will.

Ungleich stärker noch als die tropischen Regenwälder der Amazonas-Niederung wurden die übrigen eingangs geschilderten Typen von Tropenwäldern in Peru durch menschliche Eingriffe verändert. Grob gesagt, nimmt der Einfluß des Menschen auf die in Abb. 1 und 2 dargestellten Formationsgruppen jeweils von links nach rechts zu, jedenfalls so weit es sich um Holzpflanzen-Formationen handelt. Auf die mannigfachen Vegetationstypen, die im Laufe von Jahrtausenden an die Stelle der natürlichen traten, können wir hier jedoch nicht näher eingehen.

## 6. Zum Stoffhaushalt der tropischen Urwälder

Abschließend sei noch ein Problem erörtert, das durch die landwirtschaftliche Nutzung der tropischen Urwaldstandorte aufgeworfen wird und zugleich Licht auf den Stoffhaushalt dieser Wälder wirft. Aus der imponierenden Wuchskraft tropischer Regenwälder meint der Laie schließen zu dürfen, daß ihr Boden außerordentlich fruchtbar sei. Wie in anderen Tropenländern zeigt sich jedoch auch in Peru immer wieder das Gegenteil: *Schon nach zwei Jahren landwirtschaftlicher Nutzung kümmern die Kulturen*, wenn man den Boden nicht düngt und lockert. Da es billiger und weniger mühsam ist, neuen Urwald zu schlagen und den Boden durch Verbrennen der gefällten Bäume notdürftig für die Kulturen frei zu machen, so rücken die Brandrodungen immer weiter in den Urwald vor, während sich die verlassenen Aecker wieder mit Wald bedecken, und zwar mit jenem Sekundärwald, von dem bereits die Rede war.

Gewöhnlich wird der Widerspruch zwischen der Ueppigkeit der Urwälder und der geringen Leistungskraft der aus ihnen entstandenen Aecker dadurch erklärt, daß im Walde der größte Teil der Nährstoffe im Umlauf sei, sich also im Holz, in den Blättern und in der Streu befinde. Sind die abgeschlagenen Pflanzenmassen verbrannt, so sind die leicht löslichen Mineralstoffe den heftigen Tropenregen preisgegeben und werden rasch weggespült oder in den Boden hineingewaschen. Was davon die landwirtschaftlichen Nutzpflanzen aufgenommen haben, wird zudem ebenfalls grobenteils entfernt, wenn man sie aberntet.

Diese Erklärung trifft aber doch wohl nur teilweise zu. Im peruanischen Amazonasgebiet kann man nämlich beobachten, daß die Sekundärwälder nach etwa 18–20 Jahren, d. h. wenn sie über 15 m hoch geworden sind, erneut geschwendet werden und daß die Kulturen dann ebenso gut gedeihen wie nach der Brandrodung des Urwaldes. Stellenweise ist diese Waldbrache sogar schon mehrfach mit Erfolg angewendet worden und eine Art Rotationswirtschaft entstanden. Der Jungwald ist also offensichtlich in der Lage, die alte Fruchtbarkeit schon nach kurzer Zeit wieder herzustellen, und zwar ohne daß seine Wurzeln tief in den Boden eindringen. In den Sekundärwäldern des Amazonas-Tieflandes gedeihen sogar auffallend viele «anspruchsvolle» Arten, die in den überschwemmungsgedüngten Weichholzlauen beheimatet sind und als sehr nährstoff-, insbesondere stickstoffbedürftig gelten.

Dicht geschlossene Holzpflanzenbestände schaffen sich demnach verhältnismäßig rasch wieder einen ergiebigen **St i c k s t o f f h a u s h a l t**, und dieser Faktor *dürfte in dem ganzen Bodenfruchtbarkeitsproblem der entscheidende sein*. Weshalb der Stickstoffhaushalt des Waldes weniger labil als derjenige ackerbaulicher Kulturen ist, wissen wir noch nicht. Wahrscheinlich spielt die bei fast allen Holzarten vorhandene Mykorrhiza eine wichtige Rolle, indem sie den im Sauerhumus des Bodens festgelegten

Stickstoff aufschließt. Die Böden des Regenwaldes sind ja sehr sauer (pH 4–5) und enthalten auch nach dem Schwenden noch Humusreste. Darüber hinaus stellt die große Menge der beim oberflächlichen Brennen nicht zerstörten Wurzelreste des Urwaldes eine Stickstoffreserve dar, die sich dem Sekundärwald nach und nach erschließt. Wenn der Sekundärwald bereits in sehr jungem Zustande geschwendet wird, hat er noch kein kräftiges Wurzelwerk ausbilden können und noch nicht viel neuen Humus angesammelt. Bei kurzfristigem Umtrieb würden also die Stickstoffvorräte des Bodens von Brandrodung zu Brandrodung geringer. Die Notwendigkeit einer mehr als 15jährigen Waldbrache, zu der die Siedler um Iquitos aus Erfahrung kamen, leuchtet also unter diesem Gesichtswinkel ohne weiteres ein.

Aus Besonderheiten des Stickstoffhaushaltes heraus läßt sich außerdem das gute Gedeihen der landwirtschaftlichen Kulturen im ersten Jahre nach dem Brennen und ebenso sein rasches Nachlassen in den nächsten Jahren erklären. Infolge des Brandes wird nämlich die Bodenreaktion weniger sauer (über pH 5), und wie auf jedem Wald-Kahlschlage setzt zunächst eine starke Nitrifikation ein. Deren Quellen erschöpfen sich aber bald. Da die Kulturpflanzen keine Mykorrhiza haben, können sie die im Sauerhumus liegenden Reserven nicht ausnutzen. Sie lassen deshalb in ihrer Leistung nach, wenn man sie nicht düngt oder nicht Leguminosen als Zwischenfrüchte anbaut.

Diese Ausführungen stellen aber nur eine Arbeitshypothese dar und gelten nur für den immergrünen Regenwald auf nicht überfluteten Böden der Amazonas-Niederung. Sie dürfen weder auf die Auenwälder, deren Böden infolge der Schlickzufuhr weniger sauer und viel nährstoffreicher sind, noch auf die anderen oben geschilderten tropischen Waldtypen übertragen werden. Ueberhaupt sollte man in Zukunft *weder bei forstlichen noch bei ökologischen oder physiologischen Untersuchungen den tropischen Urwald schlechthin zum Gegenstand nehmen, sondern gut definierte Formationen und womöglich auch floristisch gekennzeichnete Typen, und sollte sich außerdem über den Grad des menschlichen Einflusses Rechenschaft ablegen.*

Zweck dieses Ueberblickes war es vor allem, die ökologische Vielfalt der tropischen Urwälder vor Augen zu führen und die Faktoren aufzuzeigen, von denen ihre Struktur, ihr Artengefüge und ihre Leistung in erster Linie abhängt. Es ist noch viel Arbeit zu leisten, bis die Fülle der verschiedenen Waldgesellschaften in den Tropen und ihre Lebensbedingungen auch nur annähernd so gut durchforscht sein werden wie die Vegetationseinheiten Europas. Doch verspricht eine solche Arbeit reichen Gewinn für die Wissenschaft wie für die Wirtschaft. Sie sollte energisch vorangetrieben werden, bevor die letzten wirklichen Urwälder dieser Erde der Ausbeutung verfallen. Um aber die Forschung auch in aller Zukunft

vertiefen zu können, sollten namentlich im peruanischen Tiefland genügend große Reservate geschaffen und gesichert werden, ehe es zu spät ist.

#### Zitierte Schriften

- Aubréville, A.*: La forêt coloniale: les forêts de l'Afrique occidentale française. Ann. Acad. Sc. colon. 9, 1–245. 1938.
- Beard, J. S.*: Climax vegetation in tropical America. Ecology **25**, 127. 1944.
- Ellenberg, H.*: Wald oder Steppe? Die natürliche Pflanzendecke der Anden Perus. Die Umschau **58**, 645 und 679. 1958.
- Richards, P. W.*: The tropical rain forest. Cambridge 1952.
- Tüxen, R. und Diemont, H.*: Weitere Beiträge zum Klimaxproblem des westeuropäischen Festlandes. Mitt. nat. Ver. Osnabrück **23**. 1936.
- Weberbauer, A.*: El mundo vegetal de los Andes peruanos. Lima 1945.

### Zusammenfassung

Peru ist eines der wenigen Tropenländer, in denen noch Tieflands-Urwälder von großer Ausdehnung erhalten sind. Deren Struktur und Artengefüge weicht wesentlich von dem Bilde des tropischen Urwaldes ab, das in unseren Lehrbüchern gewöhnlich entworfen wird. Die meisten Waldtypen des Amazonas-Gebietes sind zwar sehr wuchskräftig und reich an Holzarten, jedoch überraschend arm an Epiphyten und Lianen. Für Fußgänger bilden sie im Naturzustand kaum ein Hindernis, weil der Unterwuchs aus Lichtmangel meistens spärlich ist. Erst infolge menschlicher Eingriffe, die in Abschnitt 5 behandelt sind, wird das Unterholz dicht und schwer passierbar.

In den Abschnitten 2–4 wird die physiognomische und floristische Mannigfaltigkeit der tropischen Waldgesellschaften, deren gesetzmäßige Abhängigkeit von den Standortsgegebenheiten und deren Bedeutung für die künftige Waldwirtschaft vor Augen geführt. Die Abbildungen 1–3 fassen die wesentlichen Ergebnisse besser zusammen, als es mit einigen Sätzen möglich wäre.

In einem letzten Abschnitt werden die Besonderheiten des Stickstoffhaushaltes angedeutet, die es verständlich machen, warum sowohl Urwälder als auch Sekundärwälder verhältnismäßig gut auf demselben Boden gedeihen, auf dem landwirtschaftliche Kulturen ohne Düngung nach wenigen Jahren versagen. Der Verfasser schreibt der Mykorrhiza und dem biologischen Kreislauf des Stickstoffs mehr Einfluß zu als der Bodenauswaschung.

### Résumé

Le Pérou est un des rares pays tropicaux dans lesquels les forêts vierges des basses contrées sont encore conservées sur de larges étendues. Leur structure et l'ensemble des espèces diffèrent considérablement de l'image usuelle des forêts vierges tropicales que nous présentent les manuels. Comme la croissance de la plupart des types de forêt du bassin du fleuve des Amazones est très vigoureuse et la richesse en espèces arborescentes très grande, la pauvreté en épiphytes et en lianes est d'autant plus frappante. Dans leur état naturel, ces forêts ne présentent pas d'obstacle pour qui les pénètre à pieds, le sous-bois en étant peu abondant par manque de lumière. Ce n'est qu'ayant subi l'influence de l'homme — dont traite le point 5 — que le taillis devient épais et à peine praticable.

Dans les points 2 à 4, l'auteur expose la multiplicité physiognomique et floristique des associations forestières tropicales, leur dépendance des conditions stationnelles et leur importance pour la sylviculture future. Les figures 1 à 3 résument mieux les résultats essentiels qu'il ne serait possible de le faire en quelques phrases.

Une dernière section aborde les particularités de l'économie d'azote qui nous font comprendre pourquoi les forêts vierges aussi bien que les forêts secondaires se développent relativement bien sur un sol qui — après peu d'années — s'appauvrit et n'est plus favorable à la culture agricole à moins qu'on n'y mette de l'engrais. L'auteur attribue aux mycorhizes et au cycle biologique du nitrogène plus d'importance qu'au lessivage du sol par les fortes pluies.

Pour les lecteurs de langue française nous traduisons en partie les termes contenus dans les figures 1 à 3.

Fig. 1. *Schéma des formations de climax dans les basses contrées de l'Amérique du Sud (bassin de l'Amazonie et côte nord-ouest du Pérou).*

Les chiffres représentent le nombre des mois secs.

Suite principale des formations de gauche à droite:

- forêt ombrophile (rain forest)
- forêt saisonnière à feuilles persistantes
- forêt saisonnière à demi feuilles persistantes
- savane boisée (dry forest) à feuilles caduques
- savane arbustive (thorn woodland)
- demi-désert à arbustes (savane désertique)
- désert à plantes éphémères dans les années pluvieuses.

Les 3 dernières formations n'existent qu'au Pérou septentrional où la quantité des précipitations varie fortement d'année en année. Le rang supérieur de la fig. 1 qui est sous l'influence de précipitations annuelles moindres mais régulières se rapporte au Pérou méridional et central:

- arbrisseaux avec beaucoup de plantes succulentes
- demi-désert à plantes succulentes
- désert.

Fig. 2. *Formations de climax dans les montagnes tropicales de l'Amérique du Sud (Andes de l'est du Pérou).*

Les chiffres supérieurs indiquent approximativement les moyennes annuelles des températures, les chiffres inférieurs l'altitude moyenne.

De bas en haut (toutes les formations à feuillage persistant)

- forêt ombrophile (rain forest)
- forêt montagnarde (riche en épiphytes et en lianes)
- forêt de la zone du brouillard (très riche en épiphytes et en lianes)
- forêt à feuilles coriaces
- arbustes à *Polylepis*
- steppes de haute montagne
- plantes à coussinet.

Les 3 premières, grâce à la présence fréquente de nuages, ne sont pas exposées à des périodes de sécheresse, tandis que celles situées au-dessus de la région des nuages en subissent une de 5 à 7 mois.

Fig. 3. a) *Formations végétales* dans les régions basses de la forêt ombrophile (rain forest)

1. succession sur les rochers (différente suivant la qualité de roche)
2. climax (depuis longtemps stable, différente suivant la qualité du sol)
3. rang de forêts humides, l'humidité du sol augmente progressivement de 2 à 4
4. succession de tourbière
5. cycle de la végétation des alluvions
6. succession des mangroves (seulement fragmentaire dans le nord du Pérou)

b) *Groupes de station*

1. bas étage montagnard sur sol rocheux
2. terre ferme non immergée
3. eau souterraine en augmentation progressive
4. tourbe contenant de l'eau pauvre en substances nutritives
5. zone riveraine à crues riches en matières nutritives
6. côte marine, riche en vase.

Les formations de climax sont très différentes les unes des autres suivant leur station sur du terrain argileux, sur du limon, sur du sable limoneux, sur du sable pur.

*D. Weber*

## Über die waldbauliche Forschung im tropischen Urwald

Von *H. Lamprecht*

Oxf. 228.81 (213)

(Aus dem Instituto de Selvicultura ULA, Mérida, Venezuela)

Überall dort, wo der naturgemäße Wirtschaftswald als Ziel angestrebt wird, ist die Urwaldforschung zu einer wesentlichen Grundlage der waldbaulichen Lehre und Praxis geworden. In weiten Tropengebieten kann jedoch heute, und vielleicht noch für lange Zeit, aus den verschiedensten Gründen, nicht an eine intensive waldbauliche Bestandesbehandlung gedacht werden. Es stellt sich daher die Frage, ob die waldbauliche Erforschung des tropischen Urwaldes gegenwärtig überhaupt sinnvoll und berechtigt sei. Eine direkte Übertragung und Verwertung allfälliger Untersuchungsergebnisse wird vorläufig nicht in größerem Umfange möglich sein. Aus der Augenblickslage heraus und rein utilitaristisch betrachtet, ist daher die waldbauliche Forschung im Tropen-Urwald kaum zu rechtfertigen.

Vor kurzem hat *Leibundgut* (7) in meisterhafter Weise dargestellt, wie falsch und gefährlich es auch in der Waldbauwissenschaft wäre, die Forschungsaufgaben nur nach ihrer unmittelbaren «Nützlichkeit» zu beurteilen. Das Studium des tropischen Naturwaldes trägt nicht nur seine