

Vielfalt in der Monokultur

Zur Phytodiversität der Segetalflora in Maisfeldern des Soconusco und des Motozintlales, Chiapas, Mexiko *

VON

DANIEL LINGENHÖHL

mit 11 Abbildungen und einer Tabelle

1 Einleitung

Aufgrund seiner Funktion als Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika weist Zentralamerika eine sehr hohe Biodiversität auf. Mit geschätzten 24 000 Pflanzenarten und etwa 3 000 Wirbeltierarten (ohne Fische) zählt Mesoamerika zu den sogenannten „Hot Spots“ der Artenvielfalt (MITTERMEIER et al. 1999). Der in diesem Diversitätszentrum liegende mexikanische Bundesstaat Chiapas eignet sich daher wegen seiner vielseitigen naturräumlichen Ausstattung hervorragend für Studien, die Fragen zur Biodiversität zum Inhalt haben. Die geographische und klimatische Lage sowie die Höhe des untersuchten Küstengebirges — die Sierra Madre de Chiapas — ermöglichen ein Nebeneinander unterschiedlichster Lebensräume vom immergrünen Regenwald der *Terra caliente* des Tieflandes über die *Zacatonales*-Grasländer der *Terra helado* auf dem Vulkan Tacaná bis hin zu den Kakteen-Dorngehölzen des relativ trockenen Motozintlales. All diese Vorgaben bedingen eine exorbitant hohe Artenvielfalt der unbeeinflussten Umwelt. Experten schätzen, daß Chiapas zwischen 9 000 und 10 000 Pflanzenspezies beheimatet (BREEDLOVE 1981). So reichhaltig diese Natur ist, so gefährdet ist sie auch. Schon lange stehen die natürlichen Ökosysteme der Region unter starkem Nutzungsdruck und mehr und mehr Wälder müssen Anbauflächen zur Selbstversorgung der Bevölkerung weichen. Durch die Transformation der ursprünglichen Lebensräume kommt es zu enormen Verlusten an Arten, die von ursprünglichen Wäldern abhängen. Untersuchungen in temperierten Breiten und im Mittelmeergebiet belegen aber, dass dortige Unkrautgesellschaften häufig artenreicher als natürliche Gesellschaften sind. Gilt dies jedoch auch für die Tropen, noch dazu in einem „Hot Spot“?

Der vorliegende Beitrag sowie eine weitere Abhandlung von WEISSER (2001) sollen mithelfen, diese Erkenntnislücke zu schließen. Zu diesem Zwecke erfolgte anhand pflanzensoziologischer Aufnahmen entlang eines Profils — ausgehend vom Küstentiefland des Soconuscos über die Sierra Madre de Chiapas in das leeseitige Motozintlatal — eine Erfassung der Artenzahl und Zusammensetzung der Segetalflora (= Unkrautflora) in Maisfeldern sowie der sie beeinflussenden Faktoren.

*) Zusammenfassung einer Diplomarbeit, die am Institut für Geographie der Universität Erlangen-Nürnberg unter Betreuung von Prof. Dr. Michael Richter im Jahr 2000 angefertigt wurde.

2 Lage und geographische Grundzüge des Untersuchungsgebietes

2.1 Räumliche Einordnung

Das Untersuchungsgebiet liegt in Mexikos südlichem Bundesstaat Chiapas und umfasst Teile der Provinzen Soconusco und Motozintla. Im Südosten und Osten bildet Guatemala die Abgrenzung, im Süden der Pazifische Ozean und im Norden die Hänge nordöstlich der Stadt Motozintla. Eine klare Trennlinie fehlt im Westen; sie folgt hier mehr oder weniger parallel den Umrissen der Verwaltungseinheiten Soconusco und Motozintla. Von Nordwesten nach Südosten verläuft der Gebirgszug der Sierra Madre de Chiapas, der das Gebiet teilt und sich im Gipfel des Vulkans Tacaná (4098 m ü.M.) kulminiert. Der gesamte Raum befindet sich zwischen $14^{\circ} 30'$ und $15^{\circ} 20'$ nördlicher Breite sowie 92° und 93° westlicher Länge und daher in den Tropen.

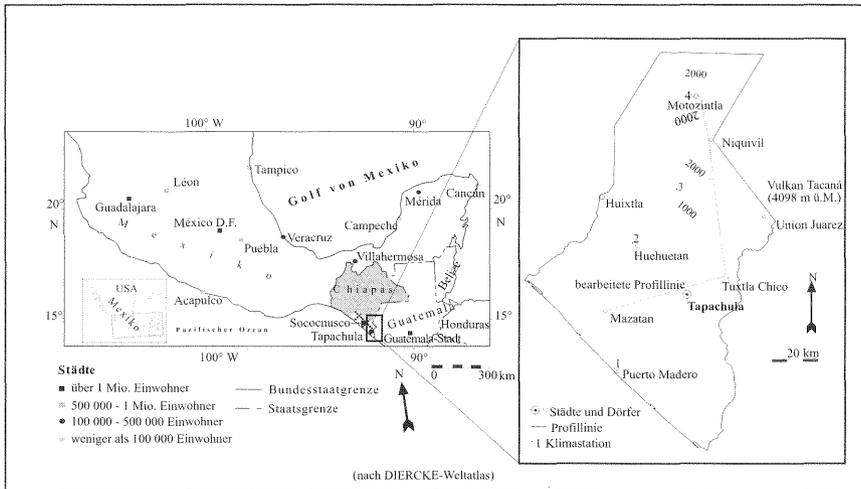


Abb. 1: Lage von Chiapas und Karte des Untersuchungsgebiets (nach RICHTER 1986)

Als Verwaltungszentrum fungiert die Stadt Tapachula mit ca. 250 000 Einwohnern. In der Detailkarte des Arbeitsgebietes (Abb. 1 rechts) sind auch die Nebenzentren Motozintla und Huixtla sowie verschiedene kleinere Städte und Dörfer eingezeichnet, die im Verlauf des Profils liegen bzw. zur besseren Orientierung beitragen (z.B. Mazatan, Niquivil).

Nach der geologischen Karte aus dem *Atlas nacional de Mexico* (1990) differenziert man das Untersuchungsgebiet in die drei Großeinheiten:

- Sierra Madre de Chiapas (zugleich die Klima- und Wasserscheide der Region),
- Vulkan Tacaná,
- Pazifische Küstenebene (*Costera*).

Die nordwest-südöstlich streichende Küstenkordillere zeichnet sich auf der Luvseite durch eine hohe Reliefenergie aus. Sie ist Folge einer auf sehr kurzer Distanz bereits tiefliegenden Erosionsbasis, petrographischer Unterschiede und anhaltender Orogenese wegen der Anhebung über der subduzierenden Pazifischen Platte. Dagegen verläuft der Abfall der NE-Abdachung in das Motozintlatal wegen der relativ hoch liegenden Erosionsbasis des Río Motozintla (1 200 m ü.M.) ausgesprochen sanft; das Relief ist weniger kleingekammert.

2.2 Klimatische Bedingungen

Die südlichen Landesteile Mexikos — und damit auch der Soconusco und das Motozintlatal — liegen in den äußeren Tropen, weswegen thermische Jahreszeiten fehlen; sie werden aber durch hygrische ersetzt. Die Schwankungen der Tagestemperatur übersteigen mit 10 - 15°C die des Jahres (4 - 7°C) bei weitem. Die Regenzeit dauert von April bis November, die Trockenzeit von Dezember bis März.

Der Landesteil unterliegt nach WEISCHET (1996) der äquatorfernen tropischen Zirkulation und gerät während der Sommermonate in den Wirkungsbereich eines Astes der ITC (KLAUS 1975). Feuchte Luftmassen werden mit der dann vorherrschenden Südwest-Strömung vom Pazifik heran- und gegen die Sierra geführt. Wegen der starken Aufheizung über Land fallen die Niederschläge in Form konvektiver Starkregen und werden durch den Wolkenstau an der Gebirgskette noch verstärkt. Nach verhaltenem Beginn erreicht die Regenzeit im Juni einen ersten Höhepunkt, wird jedoch im Zeitraum Juli/August durch eine kleine Trockenzeit namens *Canicula* („Hundstage“) unterbrochen. Die atmosphärische Zirkulation reagiert damit verzögert auf die nördliche Sonnenwende. Aber die Pause hat kaum Einfluss auf den kleinen Wasserkreislauf, weshalb im September absolute regionale Spitzenwerte von 220 bis 280 mm Niederschlag in 24 Stunden auftreten können (RICHTER 1986; WEISCHET 1996). Auch auf der Leeseite treten sommerliche Zenitalregen auf. Zusätzlich können Stauwolken über den Kamm des Gebirges greifen. Allerdings bleibt die Ausbeute hier mit ca. 40 mm/Tag weit hinter der des Soconusco zurück.

Wegen des Aufstiegs der feuchten Luftmassen auf der Luvseite und der daraus resultierenden feucht-adiabatischen Abkühlung mit Wolkenbildung und Niederschlag kommt es dann auf der abgeschirmten Leeseite infolge der Abwärtsbewegung mit trocken-adiabatischer Aufheizung zu warmen, feuchtigkeitszehrenden Fallwinden, die ganzjährig auftreten, sobald sich eine Staulage auf der Soconusco-Seite ergibt.

Mit der zunehmend nach Süden voranschreitenden Wanderung der Sonne, der damit einhergehenden äquatorwärtigen Verlagerung der ITC und der gleichzeitig stärkeren Effekte der ebenfalls südlich vorgerückten subtropischen Hochdruckgebiete dominiert ab November/Dezember der Nordostpassat mit seiner trockenen Höhenströmung. Die ganzjährige Land-Seewind-Zirkulation leitet zwar immer noch feuchte Meeresluft gegen die Berge, jedoch können sich die Wolken nicht mehr so hoch auftürmen und so weit zurückstauen wie in der Sommerzeit, und Niederschlä-

ge sind selten (Abb. 2) (RICHTER 1986). Während der Wintermonate kann es unter besonderen klimatischen Umständen zu einer Umkehrung der Luv-Lee-Verhältnisse kommen, wenn Kaltluftereinbrüche aus den zentralen Teilen Nordamerikas mit niedrigen Temperaturen und Feuchtigkeit aus dem Golf von Mexiko von Osten her gegen das Gebirge strömen. Diese sogenannten „Nortes“ stauen sich an der atlantischen Abdachung der Sierra Madre, erzeugen im Motozintlatl bei kühler Witterung Bewölkung und z.T. noch Nieselregen, während auf der pazifischen Seite teilweise heftige Föhnwinde auftreten, die in Extremfällen zu schweren Windschäden in den Anbaukulturen führen können.

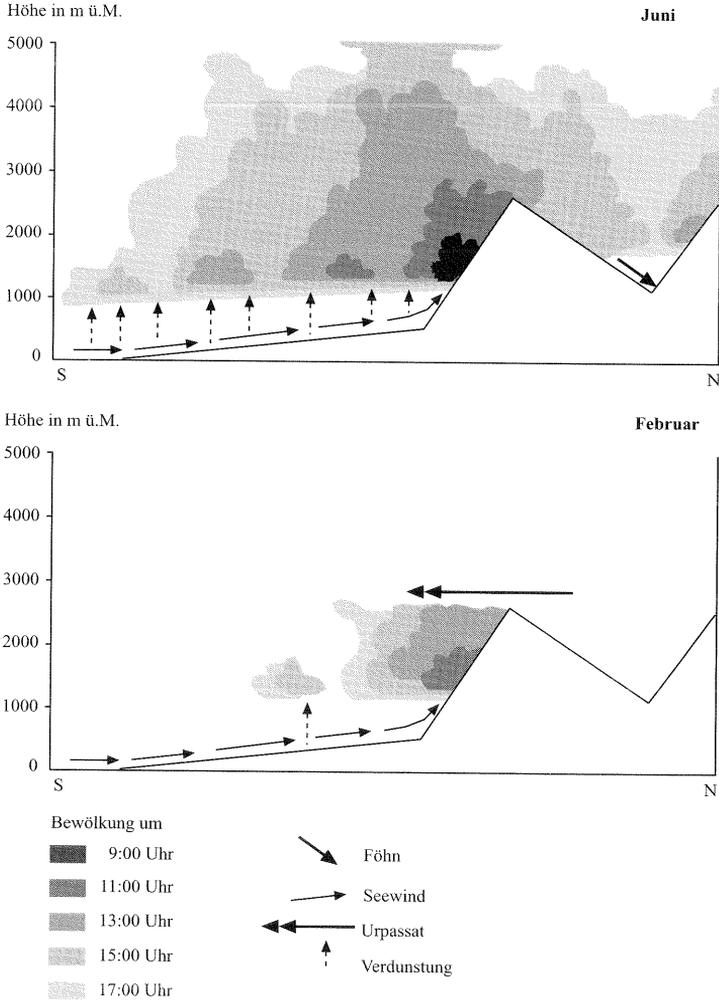


Abb. 2: Bewölkungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet während der Regen- (oben) und der Trockenzeit (unten) (nach RICHTER 1986)

Im untersuchten Raum liegen auf kurzer Distanz wegen spezieller reliefbedingter Besonderheiten und des quer zu den Hauptwindrichtungen liegenden Gebirgszuges sehr feuchte (Diagramm Hamburgo, Abb. 4) und relative trockene (Diagramm Motozintla, Abb. 4) Standorte eng zusammen. Die Niederschlagsverteilung aus Abbildung 3 gibt darüber näheren Aufschluss. In der Nebelzone gewährleiten sinkende Temperaturen und häufige Nebel noch lang andauernde Humidität. Die unmittelbar hinter dem Kamm liegenden Gebiete profitieren von zusätzlicher Feuchtigkeit aus der übergreifenden Föhnwalze bzw. aus dem Wolkenstau der *Nortes*.

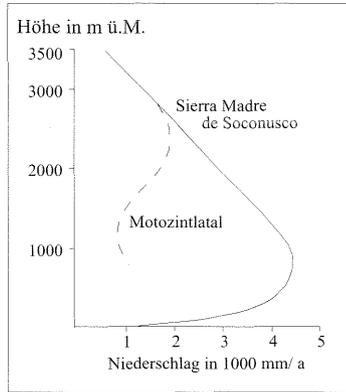


Abb. 3: Niederschlagsverteilung in der Sierra Madre de Chiapas (nach RICHTER 1986)

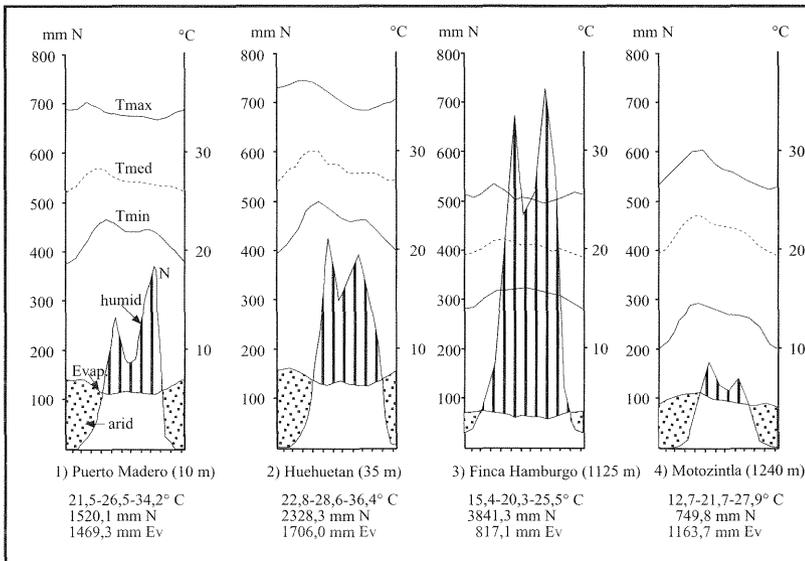


Abb. 4: Ausgewählte Klimadiagramme des Untersuchungsgebiets (nach RICHTER 1986)

Bis zum Talgrund in 1200 Meter ü.M. sinken die Beträge stetig und die Aridität nimmt auch wegen des Föhns zu, so daß in Motozintla nur noch knapp 800 mm/a Niederschlag gemessen werden. Lokale klimatische Trockentäler auf der pazifischen Seite im Leeschatten des Tacaná und des Boqueron steigern noch die Vielfalt der hygrischen Verhältnisse.

Die thermische Differenzierung erscheint dagegen durchweg einfacher, da sie einem linearen Gradienten folgt. LAUER und FRANKENBERG (1978) nahmen die Einteilung in Höhenstufen in Abhängigkeit von den Durchschnittstemperaturen vor. Die tropische Tieflandstufe *Terra caliente* nimmt im Soconusco die größte Fläche ein und reicht bis etwa 800 Meter ü.M. Die Durchschnittstemperaturen erreichen 30°C und mehr, wobei die absoluten Maxima kurz vor Einsetzen der Regenzeit auftreten. Diese zeichnet sich durch vergleichsweise relativ niedrige, aber ausgeglichene Werte aus, die Folge dichter Bewölkung und feuchter Böden sind. Ab 800 Metern ü.M. schließen die Zonen *subtemplado* (Ø 20 – 22° C, bis 1500 m ü.M.), *templado* (Ø 16 – 20° C, bis 2200 m ü.M.) und *fresco* (Ø 14 – 16° C, bis 2600 m ü.M.) an, die stetig kühler werden. Nur ein schmaler Bereich um Niquivil zählt zum kühlgsten Bereich des Arbeitsraumes der *Terra fria* (Ø 9 – 14° C, > 2600 m ü.M.). Auch der Talbereich um Motozintla liegt in der *Terra subtemplado* (RICHTER 1986).

2.3 Phytogeographische Vorgaben und Böden

Ursprünglich bedeckten Wälder unterschiedlicher Ausprägung weitgehend den Untersuchungsraum. In Abhängigkeit von den klimatischen Ausgangsbedingungen folgen luvseitig von der Küstenebene beginnend ausgedehnte Sümpfe, Palmsavannen sowie laubwerfende und halbimmergrüne Feuchtwälder, in der Fußstufe immergrüner Regenwald mit Stockwerkbau und Lianen, darüber immergrüne Wolkenwälder und schließlich Nebelwälder aufeinander. Mit ansteigender Höhe verschiebt sich dabei mehr und mehr das Artenspektrum von tropischen hin zu borealen Spezies, wobei maximale Diversitätswerte in den mittleren Hanglagen auftreten. Jenseits der Gratlinie bestimmt die zunehmende Aridität die Physiognomie der Vegetation. Unterhalb der gipfelübergreifenden Nebelwälder ersetzen artenarme trockene Kiefernwälder die Wolkenwälder der Luvseite. Sie werden wiederum selbst von relativ monotonen Laubmischwäldern aus Eichen und Kiefern bis zum Talgrund des Río Motozintla abgelöst. Vermehrt bilden sich Anpassungen an Trockenheit aus (Behaarung, Pseudobulben, Laubfall). Im Tal selbst und an dessen südexponierten Hängen schlagen die ariden Verhältnisse durch, es wachsen laubwerfende Kakteen-Dorngehölze (Abb. 5). Eine sehr detaillierte Aufschlüsselung der Vegetationsverhältnisse findet sich bei RICHTER (1986).

Jedoch ist die Landumwandlung von natürlichen zu agrarischen Ökosystemen im Soconusco und Motozintlatal bereits weit vorangeschritten und nur noch Restareale befinden sich in natürlichem oder naturnahem Zustand (Abb. 5). Stattdessen dominieren weithin landwirtschaftliche Nutzflächen. In der *Costera* existiert ein Nebeneinander aus Plantagen mit Baumkulturen (Banane, Kakao, Mango, Kokos)

Vielfalt in der Monokultur

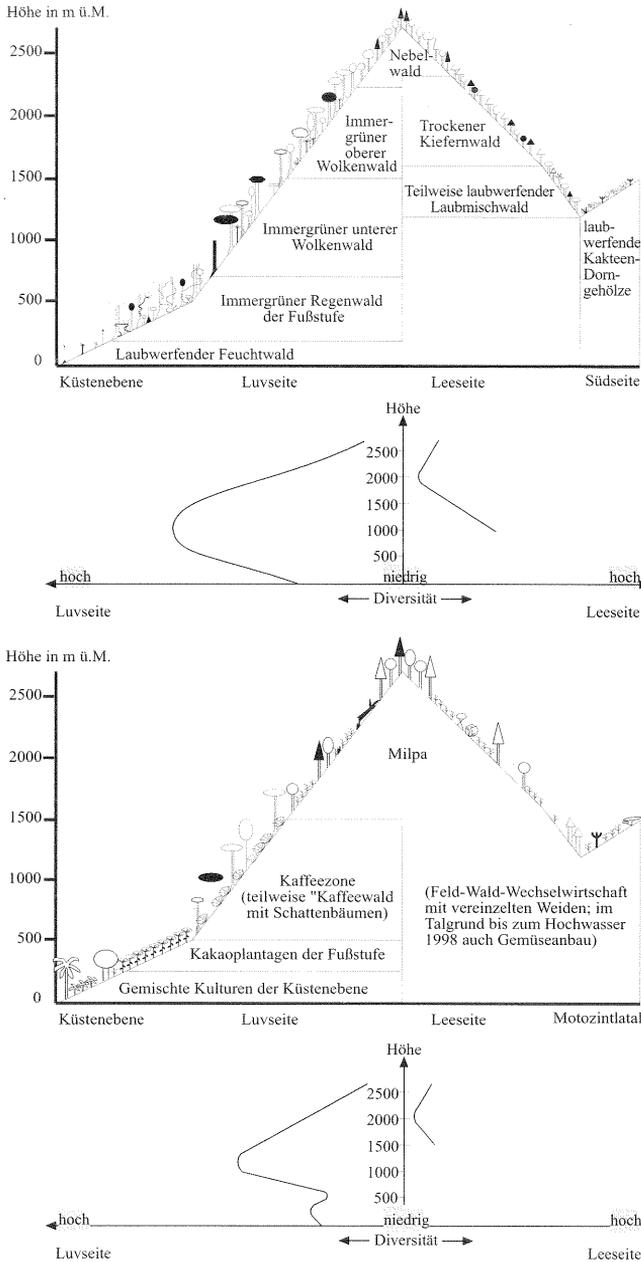


Abb. 5: Schematische Darstellung der früheren, natürlichen (oben) und der aktuellen Vegetation (unten) im Untersuchungsgebiet (eigener Entwurf, Vorgaben nach RICHTER 1986)

und einer Ausrichtung auf regionale und internationale Märkte sowie Weidewirtschaft (Rinder) und Felder (Mais, Soja, Sorghum) für den lokalen und regionalen Verbrauch. Die Ländereien liegen dabei zumeist in den Händen von Großgrundbesitzern („*Rancheros*“) bzw. kleinbäuerlichen Genossenschaften („*Ejidors*“). „*Cáfetales*“ (Kaffezone) prägen die unteren und mittleren Hanglagen der Sierra (bis etwa 1500 m ü.M.), die je nach Intensivierungsgrad entweder naturnah und ressourcenschonend als sog. Kaffeewald mit Schattenbäumen oder unter massivem agro-technischen Einsatz und Auslichten betrieben werden. Ab 1500 Meter ü.M. bis in die Hochlagen sowie im leeseitigen Motozintlatán treten fast ausschließlich subsistenter Maisanbau und Viehzucht auf, die in den peripheren Hochlagen durchweg in Form der Milpa durchgeführt werden.

Die Milpa ist eine (theoretische) Feld-Wald-Wechselwirtschaft, die rein auf Subsistenz ausgerichtet ist. Der erste Schritt der Urbarmachung erfolgt durch Brandrodung und Säuberung der Fläche, wobei man die Baumstümpfe teilweise im Boden belässt. Durch die starke Erosion und das häufig nährstoffarme Substrat auf Granit/Granodiorit nutzen die Kleinbauern die Felder nur zwei bis drei Jahre, dann sind die Böden ausgelaugt. Auf die Aufgabe der Felder folgt extensive Viehweide oder es entsteht ein niedriger Sekundärwald. Nach etwa zehn Jahren, wegen des Bevölkerungsdrucks aber meist schon früher, beginnt der Zyklus erneut.

Diese massive Entwaldung und Nutzung muss dabei zwangsläufig zu einem gravierenden Artenverlust führen, der insbesondere bei Vogel- und Säugetierarten nachweisbar ist (z.B. durch das Verschwinden von Arten aus den Familien *Accipitridae*, *Psittacidae* oder von *Pharomachrus m. mocinno*, dem Quetzal) (MITTERMEIER et al. 1999).

Die Bodenverhältnisse im Profilverlauf sind eng mit dem Gesteinsuntergrund verwoben. Je nach Ausgangsgestein entstehen unterschiedliche Böden mit jeweils charakteristischen Eigenschaften, etwa andic oder ferralic Cambisols (Braunerden), Andosols (Vulkanböden) oder Fluvisols (Schwemmlandböden), um nur ein paar der wichtigsten zu nennen. Die für tropische Gebiete zu erwartenden Ferralsols treten laut RICHTER (1986) erst in der Fußstufe bis in die mittleren Hanglagen der Sierra Madre in einer Vorphase über Granit und Granodiorit auf. Die steilen Hangpartien lassen eine tiefgründige Entwicklung nicht zu, so dass die typischen mächtigen B-Horizonte fehlen und stattdessen nur ein bis zwei Meter tief reichen; man bezeichnet sie daher besser als ferralic Cambisols. Die Andosole, die sich aus basaltischen Gesteinen (z.B. auf dem Tacaná) entwickeln, sind dagegen vergleichsweise nährstoffreicher und weniger sauer als die ferralic Cambisols.

Unvorteilhafte Eigenschaften weisen auch die pedogenen Verhältnisse der Leeseite auf. Wegen des trockeneren Klimas und nachteiligen anthropogenen Einwirkens kommt die Pedogenese meist nicht über die Stufe der — nährstoffarmen — Ranker und Lithosole hinaus. Nur in Gunstlagen reicht die Entwicklung bis zu vertic Cambisols mit skelettreichem B-Horizont. Ausführliche Beschreibungen zu den Böden finden sich bei RICHTER (1986) und DEINLEIN (1992).

2.4 Landwirtschaftliche Vorgaben

Bereits in prähistorischer Zeit (5000 – 3400 v.Chr.) baute die indigene Bevölkerung Südamerikas Mais an; er nahm in ihrer Mythologie und Religion eine herausragende Stellung ein (FRANKE 1997). Nicht bekannt ist jedoch bis heute die Urform des Mais, nur eine nahe Verwandte, die Teosinte (*Zea mexicana*), konnte bis jetzt nachgewiesen werden, und Wissenschaftler vermuten daher, dass der kolben tragende Mais aus der ripsigen Teosinte mutierte.

Heute trägt der Mais die Hauptlast der Nahrungsmittelversorgung der mexikanischen Landbevölkerung, und er wird häufig in der Subsistenzwirtschaft angebaut. Mais ist ein einjähriges Gras mit markerfülltem Halm, der bis 2,5 m hoch werden kann. Er weicht durch einhäusige Getrenntgeschlechtigkeit botanisch von anderen Getreidesorten ab. Wegen der jahrtausendealten Zuchtauswahl entwickelten sich mannigfaltig regionale Varietäten und Sorten, die sich jeweils an die speziellen Bedingungen anpassten. Zwei der wichtigsten werden auch im Soconusco und im Motozintla-Tal angebaut: der Hartmais (bedeutend für die menschliche Ernährung) v.a. in der Milpa der Hochlagen und der Zahnmais (höchste Erträge) im Tiefland.

BECK (1985) definiert für Nicaraguas Maisproduktion drei unterschiedliche Systeme, die weitgehend auf Chiapas übertragbar sind und vom sozialen Status, der Betriebsgröße und im vorliegenden Fall auch vom Fortbildungsstand wie Erreichbarkeitsgrad (Zentrum versus Peripherie) der jeweiligen Gesellschaft abhängen. Es dreht sich dabei um ein manuelles (Machete und Pflanzstock), ein traditionelles (Ochsen gespannt und Hakenpflug) und ein modernes (Traktor) Prinzip, von denen wahrscheinlich zwei im Profilverlauf zur Anwendung kommen (das traditionelle konnte nicht beobachtet werden).

Gute Bedingungen für den Maisanbau finden sich im Tiefland, der hier wegen des günstigen Reliefs, aber auch aufgrund der relativen Modernität der Landwirtschaft in der Nähe des Innovationszentrums Tapachula, in großem Stile agrotechnisch mit Maschinen-, Dünger- und Herbizideinsatz meist in Reinkultur betrieben wird. Wegen der klimatischen Gunst und der möglichen Bewässerung lassen sich zwei Ernten pro Jahr einfahren. Das Land befindet sich weitgehend in der Hand von Großgrundbesitzern bzw. sog. „Ejidors“, einer Art dörflicher Genossenschaften. Diese pflanzen laut RICHTER (1986) Mais häufig im Fruchtwechsel mit Baumwolle (deren Rolle in den letzten Jahren allerdings abnimmt) und Soja an. Letztere hat als Leguminose positiven Einfluss auf die Stickstoff-Verhältnisse im Boden. Aber auch Sorghum, Sesam oder Weide lösen den Mais in der Fruchtfolge ab, was in allen Fällen modifizierend auf die Zusammensetzung der Segetalflora einwirken kann.

Die Unkrautbekämpfung betreiben v.a. die großen Betriebe unter Chemikalien-einsatz, manuelle Entfernung bleibt Kleinbauern überlassen. Daneben belässt man die abgernteten Halme und Blätter im Feld und legt diese zwischen die immer in Reihen neu gesetzten Stecklinge, um unerwünschten Pflanzen das Durchkommen zu erschweren; ein Verfahren, welches im Hochland nicht wiedergefunden wurde.

Nach einer nutzungsbedingten Profillücke in der Kakao- und Kaffeeplantagenzone zwischen 500 und 1500 m ü.M. – deren Segetalflora von WEBER (1994) in Augenschein genommen wurde – gilt die Konzentration erst wieder der Milparegion in den Hochlagen der Sierra Madre de Chiapas und des Motozintlates. Beikräuter beseitigt man manuell mittels „Chaporro“, d.h. die Bauern entfernen unliebsame Pflanzen durch Abschlagen mit der Machete. Bis die Maispflanze das sogenannte 6-7 Blatt-Stadium und damit einen Wachstumsvorsprung erreicht hat, führt man diesen Vorgang zwei- bis dreimal durch (BECK 1985). Die zwischen die Hauptanbaufucht gepflanzten Kürbisse und Bohnen reduzieren zusätzlich die Möglichkeiten der Beikräuter, da v.a. Kürbis mit seinen großen Blättern viel Platz beansprucht und den Boden abschirmt.

3 Auswertung und Ergebnisse der Vegetationsdaten

Aufgrund der klimatischen Situation mit einer „feuchten“ Luv- und einer „trockenen“ Leeseite sollte sich theoretisch auch eine entsprechende Trennung in der Segetalflora einstellen. Um diese Vermutung zu beweisen oder zu widerlegen, bieten Ähnlichkeitsanalysen ein probates Mittel. Diesen Rechenmethoden geht der Gedanke voraus, dass unter ähnlichen Standortbedingungen auch ähnliche Pflanzengesellschaften auftreten (MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974). Zu diesem Zwecke wurden 126 Vegetationsaufnahmen in der Sierra Madre de Chiapas erhoben, wobei alle die gleiche Flächengröße (100 m²) aufweisen und pro 100 Höhenmeter durchschnittlich vier Aufnahmen gemacht wurden. Die Deckungswerte der einzelnen Arten wurden anhand der erweiterten Artmächtigkeitskala von BRAUN-BLANQUET (BARKMAN et al. 1964) ermittelt. Die Bestimmung der Arten erfolgte im Herbarium der ECOSUR San Christóbal anhand der *Flora de Guatemala* (1946 - 1977) und im Vergleich mit Herbarbelegen. Vor Ort nicht identifizierte Gräser wurden von Dr. Laegaard (DK), *Herbarium Aarhus*, und einige *Asteraceen* im *Bayerischen Staatsherbarium München* nachbestimmt. Die Benennung der Arten schließt sich den von BREEDLOVE (1986) herausgegebenen *Listados Florísticos de México, IV. Flora de Chiapas* bzw. der Nomenklatur der über das INTERNET verfügbaren Liste des *Botanischen Gartens von Missouri* an. Zusätzlich wurde an jedem Aufnahmestandort eine Bodenprobe entnommen und diese im Geomorphologischen Labor des Instituts für Geographie in Erlangen hinsichtlich der Parameter pH-Wert, Skelett- und Feinerdeanteil, Kationenaustauschkapazität (ausgedrückt durch den sog. T-Wert), Basensättigung (= V-Wert) und Glühverlust (gibt Rückschluss auf den Anteil der organischen Substanz an der Probe) analysiert.

Das so gewonnene Datenmaterial kann dann mittels verschiedener, speziell für vegetationskundliche Forschungen entwickelter Computerprogramme unter diversen Gesichtspunkten untersucht werden:

- Rückschlüsse auf pflanzensoziologische Beziehungen zwischen den einzelnen Standorten bzw. Pflanzengesellschaften liefert die Software MULVA. Anhand

verschiedener mathematischer Operationen ergeben sich nach mehreren Rechenschritten sog. Dendrogramme, aus denen die Ähnlichkeitsverhältnisse zwischen den einzelnen Aufnahmen ersichtlich werden. Ein Dendrogramm besteht dabei aus verschiedenen Ebenen. Auf der waagrechten Achse ordnen sich die Objekte (bzw. Aufnahmen) an, auf der Ordinate misst man deren Abstände und die der Objektgruppen anhand des vom Programm berechneten Ähnlichkeitsmaßes. Je basisnäher die einzelnen Objekte verknüpft sind, desto mehr ähneln sie sich, d.h. um so größere Gemeinsamkeiten (= gemeinsame Pflanzenarten) weisen sie auf. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass Verbindungen auf höheren Ebenen einander unähnlicher werden, die Gemeinsamkeiten nehmen ab. Indirekt kann man auf diese Weise ökologische Veränderungen der Standorte nachvollziehen, in der Hauptsache dient dieses Verfahren aber der Identifizierung von Pflanzengesellschaften. Die beiden hier letztendlich ausgewählten Verfahren unterscheiden sich dabei vornehmlich in der Verwendung der Deckungswerte der einzelnen Pflanzenarten. Im ersten Fall zählt nur die reine An- oder Abwesenheit einer Art (presence/absence-Methode), die prozentuale Bodenbedeckung der Pflanze spielt keine Rolle. Dadurch bewirkt diese Methode eine gute Übersicht über floristische Zusammenhänge, d.h. bestimmte Ähnlichkeiten zwischen einzelnen Gruppen treten deutlicher hervor (FISCHER & BEMMERLEIN-LUX 1992). Wegen der fehlenden Deckungsverhältnisse ergeben sich Unterschiede zu anderen Klassifikationen, da nicht gefragt wird, wie gut sich eine Pflanze an einem Standort behauptet, sondern ob sie dort überhaupt existieren kann. Dadurch erhalten auch Arten, die sich zahlenmäßig schwach an ihrem Grenzstandort aufhalten, die gleiche Gewichtung wie Arten, die dort ihr Verbreitungsoptimum haben. Fügt man dem Datensatz für die zweite MULVA-Methode der Wurzeltransformation die einzelnen Deckungsgrade hinzu, kommt es zu Verschiebungen in der Klassifikation. Gefragt ist jetzt nicht mehr nur, ob eine Spezies vorkommt oder nicht, sondern auch, wie gut sie existieren kann. Haben Pflanzen einen dominierenden Deckungsgrad, so gibt das Hinweise auf ökologischen Zusammenhänge und Standortqualitäten. Um den Einfluss stark vertretener Arten nicht zu groß werden zu lassen und Feinheiten in der Struktur nicht gänzlich zu unterdrücken, führt man die Wurzeltransformation durch, da diese hohe Werte stärker mindert als niedrige. Als Konsequenz aus diesem Verfahren kann es zu Verschiebungen der Ähnlichkeitsverhältnisse kommen, d.h. bestimmte Pflanzengruppen können sich hier näher stehen als bei der presence/absence-Methode und umgekehrt (Details zu MULVA bei: WILDI 1986, JONGMAN et al. 1987, FISCHER & BEMMERLEIN-LUX 1992, BEMMERLEIN-LUX et al. 1994 u.a.).

- Um genauere Erkenntnisse über die Beziehungen zwischen den Pflanzengesellschaften bzw. den sich gleichenden Aufnahmegruppen und den erhobenen Umweltfaktoren (z.B. aus den Bodenproben) zu erlangen, bedient man sich der Software CANOCO. Damit berechnet man sog. Ordinationen, die im Fall einer CCA (Kanonische Korrespondenzanalyse) einen direkten Bezug zwischen den Arten/Aufnahmen und der Ökologie des Standorts ermöglichen. Das Programm rech-

net dabei die ausgewählten Parameterwerte in einheitliche Zahlenwerte um, so dass die Vergleichbarkeit der Einflüsse gewährleistet ist. Graphisch dargestellt wird das Ergebnis in einem Koordinatensystem, wobei die Arten/Aufnahmen als Punkte und die Umweltfaktoren als Vektorpfeile gezeichnet werden. Je länger der Pfeil ist, desto größer ist sein Einfluss auf das Ergebnis. Des weiteren richtet er sich nach der Mehrzahl der Punkte aus, für die er von übergeordneter Bedeutung ist. Somit kann man z.B. aus der Lage der Punkte und Pfeile schließen, ob eine bestimmte Gruppe an Pflanzen an bestimmte Standortfaktoren gebunden ist. In die Analyse flossen die Höhenlage der Aufnahmen (indirekte Aussage zur Temperatur), verschiedene Bodenparameter (pH-Wert, KAK, Glühverlust), die Exposition (ausgedrückt durch Sinuswerte), die Hangneigung und nominale Daten (z.B. etwaiges Vorhandensein von Beifrüchten) ein, um ein ausgewogenes Spektrum an potentiellen ökologischen Faktoren abzudecken (ausführliche Beschreibungen zu CANOCO u.a. bei: GAUCH et al. (1974, 1982), ORLOCI (1978), TER BRAAK (1986, 1988), WILDI (1986), FISCHER & BEMMERLEIN-LUX (1992) und JONGMAN et al. (1987)).

- Der zweite große Schwerpunkt der Untersuchung — neben der Zusammensetzung der Beikrautflora in den Maisfeldern — lag auf der Erfassung ihres Artenreichtums. Die einfachste Methode, Diversität zu messen, besteht nach WHITTAKER (1975) und HAEUPLER (1982) darin, auf immer gleich großen Aufnahmeflächen die reine Artenzahl zu erfassen. Aus diesen Werten kann dann direkt die sog. α -Diversität (Anzahl der Arten pro Flächeneinheit) ersehen und verglichen werden. Sie ist ein sehr wichtiges Maß zur Bewertung des Artenreichtums eines Ökosystems oder einer Region. Die β -Diversität („*between habitat diversity*“ nach WHITTAKER 1975) drückt dagegen die Artwechselrate zwischen verschiedenen Beständen, Lebensräumen oder entlang von Gradienten aus. Je mehr gemeinsame Arten die im Vergleich stehenden Aufnahmen haben, desto ähnlicher sind sie und desto geringer sind wahrscheinlich die ökologischen Unterschiede zwischen den Standorten. Hohe Artwechselraten bedeuten daher auch eine erhöhte Diversität und gehen mit größeren Standortveränderungen einher, was so indirekt auch auf eine hohe Habitatvielfalt schließen lässt. Mit der *Evenness* schließlich drückt man den Gleichverteilungsgrad innerhalb einer Gemeinschaft aus (oder einfacher formuliert: wieviele Arten teilen sich mit welchen Deckungswerten den gleichen Raum?). Der Wert 0 bedeutet, dass eine einzige Art absolut dominiert, während der Wert 1 vollkommen Ausgewogenheit in der Verteilung der Pflanzenarten anzeigt. Je höher der Wert ist, desto heterogener scheinen die ökologischen Nischen angelegt zu sein. Die *Evenness* wird mit einer relativ einfachen Formel berechnet (siehe HAEUPLER 1982) und in einem Diagramm gegen die ermittelte α -Diversität aufgetragen (siehe Abb. 10). Mit dieser Darstellungsweise macht man die Variabilität der Lebensbedingungen eines Standortes oder auch einer Region deutlich.

3.1 Floristische Ähnlichkeiten und Höhenstufung

Im ersten Schritt der Auswertung erfolgte die Klassifikation der Aufnahmen mit dem Programm MULVA, um herauszufinden, ob und welche verschiedenen Aufnahmegruppen auftreten. Die so gewonnen Erkenntnisse sollten die Identifizierung verschiedener Höhenstufen mit ihrem typischen, gemeinsamen Arteninventar erleichtern und deren Beziehungen zueinander darstellen. Dazu wurden sowohl mit als auch ohne die Deckungsgrade der Pflanzen gerechnet und Dendrogramme erstellt, die in Abbildung 6 zu sehen sind.

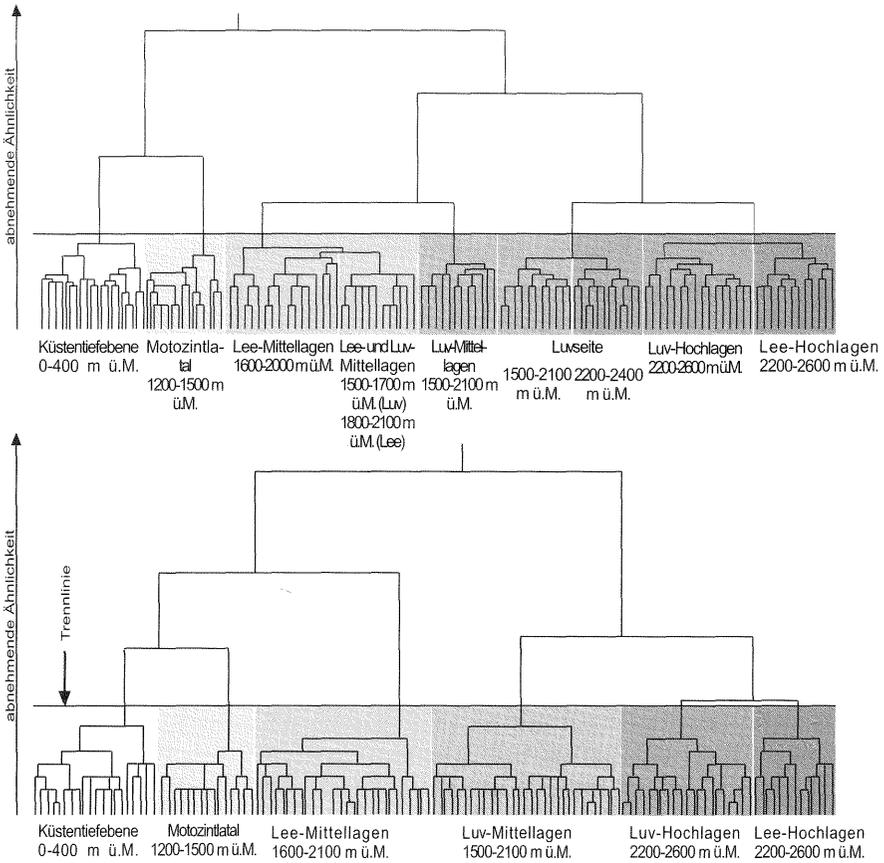


Abb. 6: Durch die in der Klassifikation erstellten Dendrogramme lassen sich Ähnlichkeiten zwischen Aufnahmen erkennen (unten: presence/absence-Transformation, oben: Wurzeltransformation). Je niedriger das Verknüpfungsniveau ist, desto größer sind die Gemeinsamkeiten der Standorte bezüglich ihres Arteninventars

Betrachtet man die Ergebnisse, so überrascht auf den ersten Blick v.a. der Aspekt, dass sich die Küstenebene um Tapachula und die Talsüdseite des Río Motozintla (links im Dendrogramm der Abb. 6) stärker ähneln als ihren jeweils näher liegenden Gebieten, obwohl sie räumlich am stärksten getrennt sind. Die relativ engen Beziehungen zueinander belegen v.a. die Arten *Chamaesyce hirta* und *Melampodium divaricatum* sowie in geringerem Maße *Crotalaria quercetorum* und *Aeschynomene americana*. Die Gründe für diesen Zusammenhang sind nicht exakt erfassbar, dürften jedoch klimatischen Ursprungs sein (Wärmeüberschuss!), da große edaphische und agro-kulturelle Unterschiede bestehen.

Eindeutig nachvollziehbar ist jedoch die weitgehende Zusammenfassung der gesamten pazifischen Abdachung und der Höhenlagen über 2200 m ü.M. auf der Motozintla-Seite zu einem großen Komplex, der in den beiden Ähnlichkeitsdiagrammen nachweisbar ist. Diese Abschnitte weisen eine Vielzahl gemeinsamer Arten auf, wobei die Homogenität des Artbesatzes mit zunehmender Nähe zur Kammlinie wächst. Als typische Arten dieses Bereichs gelten *Galinsoga parviflora*, *Lopezia racemosa*, *Calceolaria tripartita*, *Oplismenus affinis*, *Salvia occidentalis* und *Desmodium tortuosum* sowie *Bidens bicolor*, *Tinantia erecta*, *Gnaphalium americanum*, *Sonchus oleraceus* und *Brassica campestris* in der Kammregion.

Der große Unterschied zwischen beiden Berechnungsmethoden ergibt sich bei der Betrachtung der atlantischen Abdachung unterhalb von 2200 m ü.M. bis zum Talgrund („Lee-Mittellagen“), da hier zum einen die typischen Spezies der kühlen und humideren Gebirgsbereiche in noch hoher Deckung auftreten, sich zum anderen aber bereits einzelne Vertreter der trockenen Südhänge einfinden. Je nach Gewichtung der Deckung bzw. der reinen An-/Abwesenheit (presence/absence) der Arten ergibt sich entweder eine Zuteilung zu der großen Gebirgs- respektive zu der kleineren Sondergruppe aus Tiefland und Südhängen des Motozintlaltals. Aus diesen Gründen muss dieser Teil der atlantischen Abdachung als Transitionsraum zwischen „humid“ und „semiarid“ betrachtet werden.

Diese Klassifikation der Aufnahmen ergibt zusammen mit der pflanzensoziologisch geordneten Tabelle insgesamt sechs spezifische Pflanzengruppen, die allerdings nicht im synsystematischen Sinne verstanden werden dürfen, da Chiapas noch nicht pflanzensoziologisch systematisiert wurde. Es handelt sich dabei um die *Ageratum conyzoides*-Gruppe des Tieflandes, die *Galinsoga parviflora*-Gruppe des Gebirgskörpers mit den Untergruppen *Oplismenus affinis* der mittleren Höhenlagen und *Bidens bicolor* der Hochlagen, die *Cenchrus echinatus* - *C. brownii*-Gruppe der südexponierten Hänge des Río Motozintla und schließlich die gebietsübergreifende *Chamaesyce hirta*-Gruppe.

3.2 Die Rolle der Umweltfaktoren

Als zweiter Schritt der Auswertung erfolgte dann der Einbezug verschiedener Umweltfaktoren, um deren Einfluss auf die Verteilung und Zusammensetzung der einzelnen Pflanzengruppen genauer zu ermitteln. Diese Ordination bestätigte die

Ergebnisse der Klassifikation, zusätzlich ließen sich aber auch wichtige Aussagen über die ökologischen Anforderungen der Pflanzengesellschaften treffen.

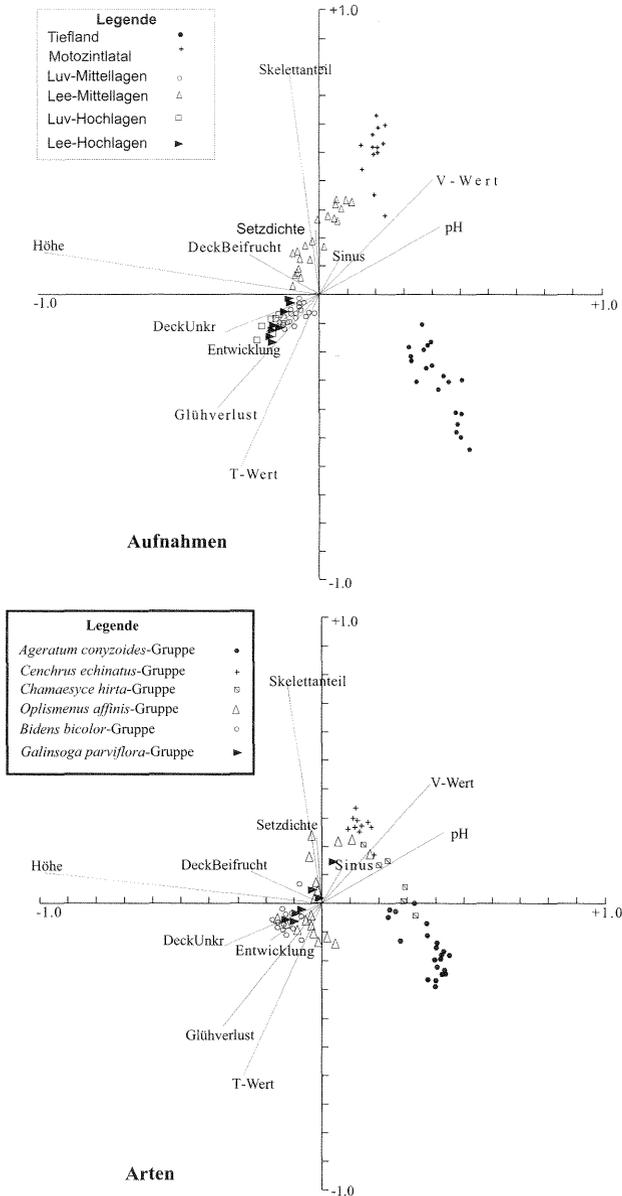


Abb. 7: In der CCA (Kanonische Korrespondenzanalyse) lässt sich der Einfluss von verschiedenen Umweltfaktoren (charakterisiert durch Vektorpfeile) auf die Aufnahmen (oben) bzw. die einzelnen Arten (unten) erkennen

Deutlich erkennbar ist in den Diagrammen von Abbildung 7 aus der Anordnung der durch Symbole charakterisierten Aufnahmen bzw. Arten sowohl der Luv-Lee- als auch der Höhenkontrast (ausgedrückt durch den Vektor „Höhe“). Gleichwohl berücksichtigt der verwendete Algorithmus floristische Ähnlichkeiten. Die in der Klassifikation ermittelten Pflanzengruppen zeichnen sich auch in der Ordination der Aufnahmen (Abb. 7 oben) ab, wobei sich der Übergangscharakter der mittleren Höhenlagen der atlantischen Abdachung durch die lang gestreckte Kette der Aufnahmen besonders schön herauskristallisiert. Markant ist weiterhin die isolierte Lage des Tieflandes und des Motozintlatales, während sich das Gros der Gebirgsaufnahmen nahe des Koordinatenkreuzes ballt.

Der Blick auf die CCA der Arten (Abb. 7 unten) liefert dann den Beleg für dieses räumliche Muster. Die Arten des Tieflandes und des Motozintlatales bilden weitgehend geschlossene Komplexe, die untereinander über die *Chamaesyce hirta*-Gruppe in Verbindung stehen, da Letztere in beiden Bereichen vorkommen. Typische Arten des Gebirges konzentrieren sich am Achsenursprung, während Arten, die sowohl auf den leeseitigen Gebirgshängen als auch im Motozintlatal vorkommen, eine Mittelstellung zwischen beiden einnehmen.

Der eigentliche Zweck der CCA gilt jedoch der Klärung der ökologischen Zusammenhänge. Der Vektorpfeil der Meereshöhe trennt die Aufnahmen der mittleren Höhenlagen exakt in Luv- (unten) und Leeseite (oben). Bodenwerte (v.a. die Fein- bzw. Skelettanteile) beeinflussen Letztere stärker, wobei dies wiederum nachhaltiger für die tieferen Stufen zutrifft, die sich – wie mehrfach erwähnt – bereits stärker an die Talsüdseite anlehnen. Von vergleichsweise großer Bedeutung sind Substratverhältnisse und chemische Bodenparameter für die Gruppe der südexponierten Hänge des Motozintlatales. Der große Skelettanteil und die hohen V-Werte (Basensättigung) haben hier sichtlich den stärksten Einfluss auf die Ausprägung der Vegetation; einen weiteren Hinweis auf potentielle edaphische Einflüsse gibt das signifikant verstärkte Auftreten von *Fabaceen*-Arten, die in stickstoffarmen Böden durch die Bindung von Luftstickstoff eventuell einen Standortvorteil haben und im Motozintlatal ihr Artenzahlmaximum im Profilverlauf haben. Auch der pH-Wert, an den die Basensättigung stark gekoppelt ist, spielt mit abnehmender Höhenlage eine zunehmend wichtige Rolle. Die Exposition (ausgedrückt in Sinus-Werten) erscheint dagegen vernachlässigbar, ihr Vektor ist der kürzeste von allen.

Der dominante Einfluss der Höhenlage auf die Ausprägung und Zusammensetzung der Pflanzengruppe steht indirekt für die klimatischen Bedingungen der Untersuchungsregion. In den meisten Fällen stellen Temperatur- und Feuchteverhältnisse die steuernden und limitierenden Wachstumsfaktoren für das Pflanzenkleid und die lokale Flora dar. Umgekehrt lassen sich über das Auftreten bestimmter Pflanzenarten und Vegetationsgesellschaften Rückschlüsse auf das Klima vor Ort ziehen. Aufgrund der engen Beziehungen innerhalb der Pflanzengruppen oberhalb von 2200 m ü.M. muss man in diesem Bereich von weitgehend homogenen Klimabedingungen ausgehen. Die Leeseite profitiert dabei neben der kammübergreifenden Stau-

bewölkung der Pazifikseite und der Föhnwalze auch von den häufigen Norte-Wetterlagen des Winters mit Nieselregen und dicht anliegender Bewölkung. Erst mit zunehmender Entfernung zum Gebirgskamm und Annäherung an das Trockental des Río Motozintla nimmt dieser vorteilhafte Einfluss ab und ariditätsfördernde Wetterlagen gewinnen an Bedeutung.

3.3 Die Artenvielfalt der Segetalflora in den Maisfeldern

Nachdem die Einteilung der Aufnahmen in verschiedene Höhenabschnitte geklärt war und die Einflussstärke verschiedener Umweltfaktoren untersucht wurde, erfolgte die Betrachtung verschiedener Diversitätsindizes, um nun zu klären, welchen Beitrag diese Art von Landnutzung zur Artenvielfalt der Region beitragen kann. Eine erste wichtige Erkenntnis ist, dass im Fall der Segetalflora in Maispflanzungen des Untersuchungsraums kein eindeutiger Gradient der Vielfaltsverteilung erkennbar ist. Die Artenzahlen verteilen sich diffus über das Profil, nur in den Durchschnittsartenzahlen pro Feld erkennt man eine leichte Zunahme mit steigender Höhe (Abb.8). Dies steht damit im Widerspruch zur natürlichen Artenvielfalt, die sehr wohl einer Veränderung mit der Höhe bzw. im Kontrast zwischen Luv- und Leeseite unterliegt (Abb. 5 oben).

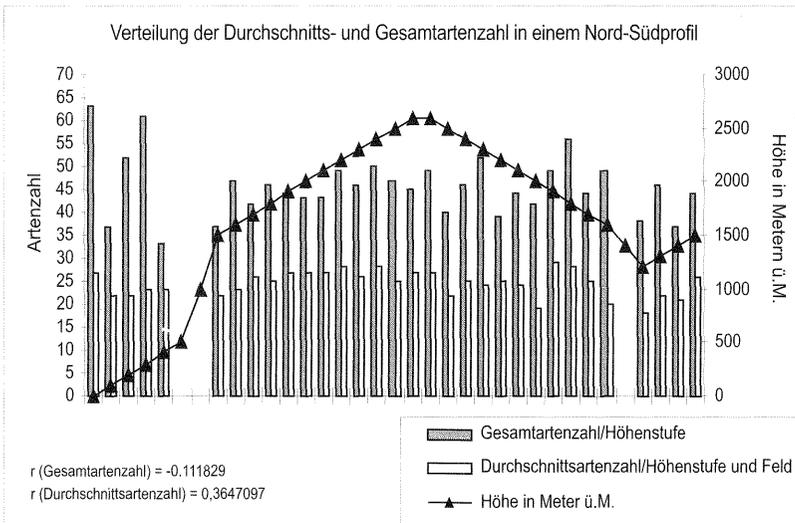


Abb. 8: Gesamte Artenzahl und Durchschnittsartenzahl/Feld pro Höhenstufe

Relativ hohen Artenzahlen pro Maisfeld (> 45), die in allen erfassten Gebieten vorkommen können, stehen immer wieder Höhenbereiche gegenüber, die weniger als 40 Arten umfassen. Die Verteilung erscheint weitgehend unabhängig von etwaigen klimatischen und/oder edaphischen Faktoren und kontrastiert mit der natürlichen

Artenvielfalt (siehe Abb. 5). Quantitativ stechen jedoch einzelne Teilräume des Tieflandes mit Höchstwerten von über 60 Spezies heraus. Aber auch zunehmende Trockenheit geht nicht unbedingt mit abnehmender α -Diversität einher, wie sich an den unteren Abschnitten der atlantischen Abdachung mit teilweise über 50 Spezies sowie den gegenüberliegenden Südhängen (z.T. mehr als 45 Arten) zeigt.

Insgesamt wurden 346 Arten gefunden, die sich auf 52 Familien verteilen, wobei 17 Arten nicht identifiziert und Familien zugeordnet werden konnten. Insgesamt gesehen ist das Tiefland mit 139 Arten der artenreichste Teilraum, gefolgt von den Mittellagen der Leeseite mit 119 Spezies. Dies gibt einen weiteren Hinweis auf den Abwechslungsreichtum und die erhöhte Zahl an ökologischen Nischen dieses Gebietes, das den Übergang von humid (Kammregion) zu semiarid (Talgrund) bildet. Die Soconusco-Seite ist dagegen artenärmer (89 bzw. 84 Arten). Der verkürzte Humiditätsgradient verringert effektiv die Ausbildung unterschiedlicher Lebensbereiche und damit die Zahl der Arten. Schließlich folgt das Motozintlat mit nur 83 Spezies; dort wurden aber auch die wenigsten Aufnahmen gemacht.

Gründe für eine erhöhte Diversität sind häufig vielgestaltig und lassen sich nicht ohne weiteres festlegen. Etliche Kombinationsmöglichkeiten treten auf und erschweren die Ursachenforschung zusätzlich. Im vorliegenden Fall ergeben sich ebenfalls verschiedene Erklärungsansätze. Ein sehr entscheidender Aspekt ist die Brückenfunktion Zentralamerikas – und damit auch Südmexikos – zwischen Nord- und Südamerika. Als Verbindungsglied ermöglicht Zentralamerika den Austausch hol- bzw. nearktischer und neotropischer bzw. tropisch-andiner Florenelemente (LAUER 1959). Unter natürlichen Voraussetzungen besiedeln überwiegend tropische Arten die heiße Fußstufe (*Terra caliente*). Mit zunehmender Meereshöhe gewinnen aber außertropische Spezies stetig an Bedeutung, wobei nordische Arten/Gattungen/Familien leicht nach Süden vorstoßen konnten und dies noch immer tun, indem sie die kühlgemäßigten Gebirgszonen der Kordilleren als Wanderungsschneise nutzen. Für tropisch-montane und subantarktische Pflanzen stellt hingegen der Nicaragua-Graben ein meist unüberwindliches Hindernis dar, so dass sie nördlich davon eher unterrepräsentiert sind. Diese Vermischungsvorgänge führen v.a. in den unmittelbaren Kontaktzonen zu signifikant erhöhten Artenzahlen.

Des Weiteren charakterisiert eine Vielzahl an Kosmopoliten die Adventivflora, die die Diversität weiter steigern. Die Segetalflora wird stark durch weltweit vertretene, entwicklungsgeschichtlich junge Familien dominiert, was das Kreisdiagramm der Familienanteile bestätigt (Abb. 9). Nur wenige der aufgenommenen Familien sind überwiegend oder völlig auf die Tropen beschränkt wie z.B. *Apocynaceae*, *Araceae*, *Melastomataceae* und *Piperaceae*; ihr Vorkommen ist im vorliegenden Fall auch vornehmlich an die Küstenebene gekoppelt. Entgegengesetzt verhält es sich mit den hier auf die Höhenlagen beschränkten *Apiaceae* und *Campanulaceae*, die auch und v.a. in den Ektropen mannigfaltig vorhanden sind.

BECK (1985) ermittelte in seiner Untersuchung der Segetalflora in Maisfeldern Nicaraguas ebenfalls *Asteraceen* und *Poaceen* als wichtigste Vertreter. Beide Fami-

lien beinhalten viele Spezies, die sowohl anemophil (windbestäubend) als auch anemochor (windverbreitend) sind, somit werden sie leicht und schnell großräumig verteilt. Da diese beiden stammesgeschichtlich noch relativ jung sind, befinden sie sich immer noch in einem dynamischen Entfaltungsprozess mit einer hohen Artneubildungsrate. Südamerika beheimatet auch eines der Mannigfaltigkeitszentren für Korbblütler, die gerade in den höheren Regionen die Pflanzengesellschaften prägen.

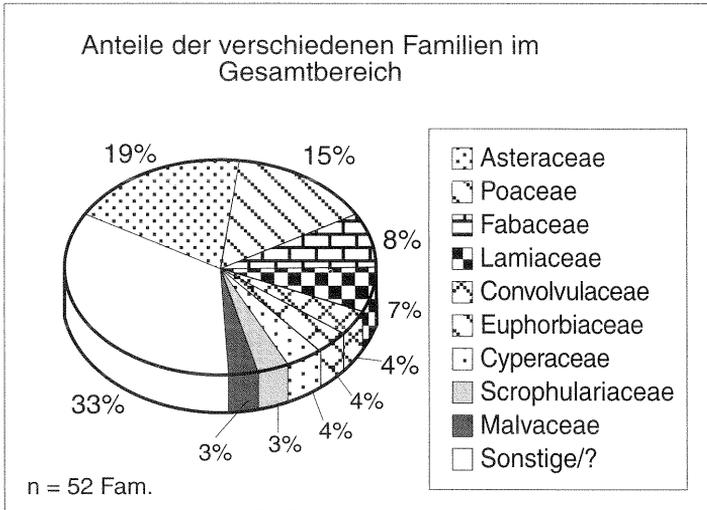


Abb. 9: Prozentuale Anteile einzelner Pflanzenfamilien an der Gesamtartenzahl

Das überdurchschnittlich starke Auftreten von Gräsern (neben den *Poaceen* auch *Cyperaceen*) im Tiefland dürfte u.a. auf den teilweisen Einsatz von Herbiziden zurückzuführen sein. Da Mais selbst eine monokotyle Pflanze ist, können nur spezifische Gifte gegen Dikotyledoneae eingesetzt werden, um nicht auch die Anbaufrucht zu schädigen. Gräser erhalten dadurch einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Kräutern. In der Milpbewirtschaftung ist dieser Einflussfaktor nicht gegeben, der *Gramineen*-Anteil daher geringer. Somit kann die von HOLM (1977) und BECK (1985) postulierte Dominanz der Gräser im nicaraguanischen bzw. weltweiten Maisanbau nur für „modern“ bewirtschaftete Felder im Tiefland bestätigt werden, ein Befund, den auch SCHMID (1987) mit Untersuchungen in Togo stützt.

Die hohen Artenzahlen sowie die entsprechenden *Evenness*-Kennwerte (Gleichverteilungsgrad, nach HAEUPLER 1982) des Tieflandes deuten auf ein Nebeneinander kleinbäuerlich und agrotechnisch bestellter Maisfelder mit differierenden Arten hin, wobei sich v.a. Erstere durch teilweise hohe Artenzahlen auszeichnen, während Letztere strukturell durch die vielen, teils dominanten Gräser nicht nur monotoner wirken (Tab. 1).

Tab. 1: Vergleich verschiedener Diversitätszahlen zwischen traditionell und modern bewirtschafteten Feldern

Typ	Artenzahl/Feld	Artenzahl Gräser/Feld	Artenzahl Gräser	%-Anteil Gräser an der Deckung	Evenness	Deckung in%
traditionell	24,6	4,6	22	23	0,56	90
modern	22,3	6,7	26	53	0,49	75

Der Vergleich zeigt, dass zwar die „modern“ bestellten Felder nur unwesentlich weniger Spezies tragen als die traditionellen, das leichte Plus an Gräsern kann aber allenfalls *ein* Grund sein. Allerdings ist ihr Anteil von 30% an der Artenzahl in den chemisch-technisch bestellten Felder fast doppelt so hoch wie im Falle der herbizidfreien (18,7%). In der durchschnittlichen prozentualen Gesamtdeckung und den *Evenness*-Werten deuten sich zusätzlich schon stärkere Abweichungen voneinander an. Hochsignifikant ist schließlich die gravierende Differenz der durchschnittlichen Deckungsanteile der Gräser im Vergleich, die eindeutig für ihre Förderung durch Pestizide sprechen.

Deutliche Unterschiede im Pflanzenbestand in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung und insbesondere vom Zeitpunkt der Beikrautbekämpfung bemerkte auch BECK (1985); so treten laut seiner Untersuchung bei herkömmlicher manueller Bewirtschaftung ohne Herbizide Ungräser und hochwüchsige, resistente Dikotyle hinter niedrige Unkräuter zurück. Erfolgt die Bekämpfung der Segetalflora in einem frühen Stadium des Wachstumszyklusses von Mais, so werden schattentolerante gegenüber lichtliebenden Arten gefördert. Auch indirekte Konsequenzen der Methoden beeinflussen die floristische Zusammensetzung und Diversität der Felder, denn der Maschineneinsatz verdichtet die Böden im Gegensatz zu der eher „lockeren Krume“ des traditionellen Anbaus.

Zu der Kumulation an Arten in der Küstenebene tragen häufigere Fruchtwechsel bei, da unterschiedliche Feldfrüchte z.T. von unterschiedlichen Beikräutern heimgesucht werden (z.B. aufgrund von Saatgutverunreinigungen, Besuch durch Insekten, Vögel). Das Samenpotential im Boden keimt auch nach einem Fruchtwechsel wieder aus und erhöht somit die Auswahl an Arten. Brachejahre leisten zusätzlich ihren Anteil. Eine weitere Möglichkeit, die man in Betracht ziehen muss, ist die Beweidung durch Kleinvieh (z.B. Ziegen) nach der Ernte, was in Mazatan beobachtet werden konnte. Sie schleppen Endochore (Kot) und Epichore (Fell) ein. Nicht vergessen darf man auch, dass viele „Unkräuter“ durch Einschleppung (z.B. verunreinigtes Saatgut, Transport, Warenaustausch) zuerst das Tiefland erreichen. Die gute Infrastruktur und die Einbindung in den weltweiten bzw. nationalen und transnationalen Warenverkehr bilden das Einfallstor für Neophyten, die sich dann erst im Laufe

der Zeit auch in das periphere Hinterland und die marginalen Berggebiete vorarbeiten. Den alles überlagernden Aspekt stellt jedoch letztendlich das Klima dar, das in der Küstenebene äußerst günstig ist und pflanzenförderliche hygro-thermische Lebensumstände schafft.

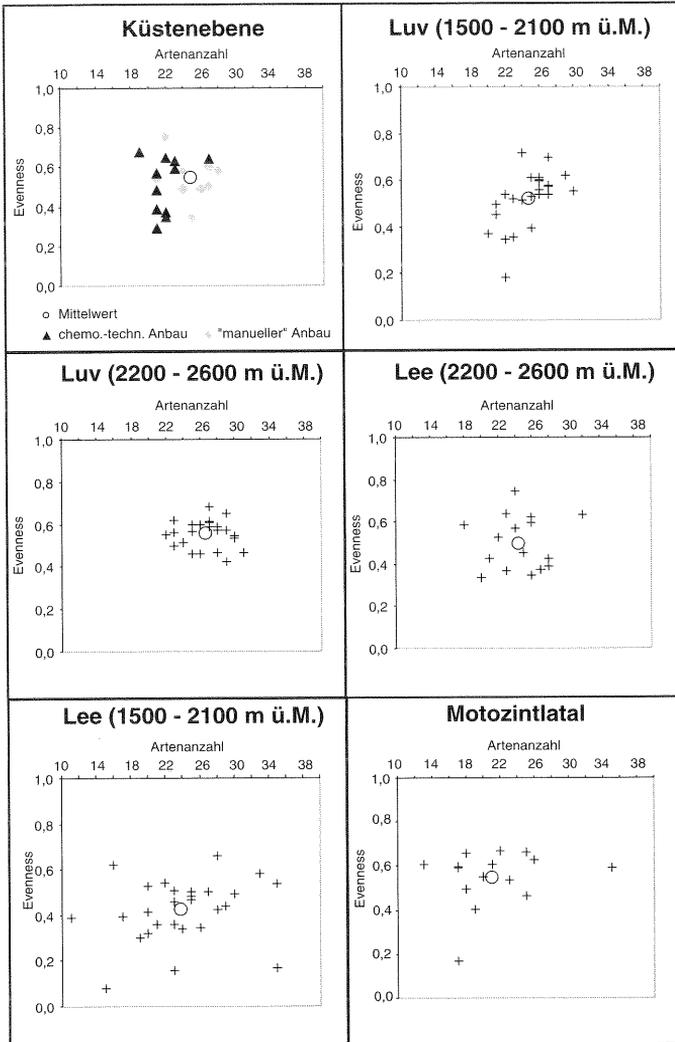


Abb. 10: Evenness-Diagramme geben Aufschluss über die Heterogenität bzw. Homogenität der Pflanzengemeinschaften. Homogene Aufnahmen weisen dabei eher niedrige Evenness-Werte auf, heterogene dagegen höhere. Die Kreissignatur stellt den Mittelwert aller Aufnahmen eines Teilbereichs dar. Die Unterscheidung, die in der Küstenebene getroffen wurde, gilt nicht für die übrigen Abschnitte des Profils, da dort nur manueller Anbau stattfindet

Dagegen wirkt der zweite Teilbereich Luv-Gebirge homogener, die Nischenvielfalt ist geringer. Ausdruck dieser weniger abwechslungsreichen pflanzenökologischen Verhältnisse sind die enge Scharung der Einzelaufnahmen um den Mittelpunkt im Evennessdiagramm (Abb. 9) und die höheren Ähnlichkeitsniveaus im Verlauf der β -Diversitätskurve (Grad des Artwechsels entlang eines Gradienten; Abb. 10). Maßgeblicher Einflussfaktor ist natürlich das Klima. Bei RICHTER (1986) finden sich in den Klimadiagrammen Hinweise, dass die Temperaturkurve auf der Luvseite einen weniger extremen Verlauf nimmt als in den entsprechenden Lagen der Leeseite. Weiterhin sind die Humiditätsverhältnisse ausgeglichener, da einerseits die Regenzeit länger und intensiver verläuft, andererseits auch in der „Trocken“zeit die Evaporation durch häufig anliegende Wolken herabgesetzt ist und Niederschläge möglich sind. Wegen der häufigen Nebel und der dichten Bewölkung vermindert sich die Einstrahlung, die Temperaturen werden gedrückt und unterkühlte Hänge sind die Folge. Gleichzeitig sinkt aber auch die Ausstrahlungsleistung, kleinere Temperaturamplituden resultieren. Ein Phänomen, das bereits LAUER (1973) für den Ostabfall der mexikanischen Meseta nachwies.

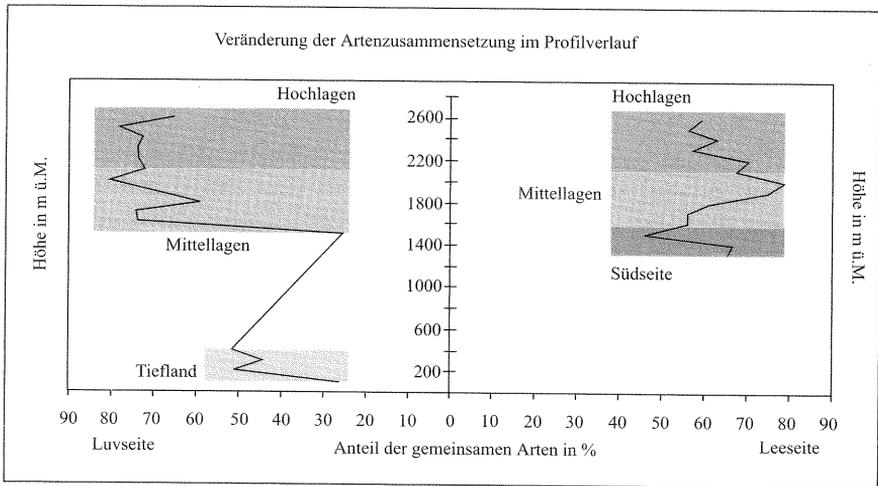


Abb. 11: Kurve der β -Diversität. Mit ihr wird die Artwechselrate zwischen den einzelnen Höhenlagen in jeweils 100-Höhenmeter-Stufen dargestellt. Berechnungsgrundlage ist der Anteil gemeinsamer Arten

Die Nordhänge der Leeseite zeichnen sich durch die eher heterogenen Lebensbedingungen eines Übergangsbereiches aus, was sich in erhöhten Artenzahlen niederschlägt. Diese Nischenvielfalt (siehe auch „niche relations“ von SHMIDA & WILSON 1985) muss auf klimatische und edaphische Bedingungen zurückzuführen sein, da die Anbaumethoden verhältnismäßig einheitlich sind. Vielfach humiden Wetterlagen in der Kammregion stehen semihumide bis semiaride Verhältnisse in tieferen

Lagen gegenüber (s.o.). Während die Höhenlagen zwar hygri sch begünstigt, aber thermisch benachteiligt sind, verhält es sich mit tieferen Hangabschnitten umgekehrt. Unter 2 000 Metern ü.M. sind *Norte*-Einflüsse nur noch abgeschwächt oder gar nicht bemerkbar. Es bilden sich z.T. sehr scharfe Wolkenuntergrenzen und während manche Bereiche den kalten und feuchten *Nortes* unterliegen, kann schon wenige hundert Meter tiefer die Sonne scheinen. Die Vielschichtigkeit des ökologischen Umfeldes und damit des erweiterten Artenspektrums spiegelt sich in den α - und β -Diversitätskurven sowie der *Evenness* wider.

So wie die Höhenlagen des Gebirgszuges wegen der dichten und häufigen Bewölkung negative Temperaturanomalien aufweisen, so treten positive Abweichungen auf den südexponierten Hängen des Motozintlatales auf. Fern der *Norte*-Wolken und von der Sonne begünstigt, sind diese Lagen semiarid und unterliegen starken Tag-Nacht-Schwankungen der Temperatur. Wie das Tiefland lässt sich auch die Südseite des Motozintlatales einem sehr eigenständigen Komplex zuordnen, was auch der tiefe Einschnitt der β -Diversitätskurve andeutet. Die Böden sind skelettreich und flachgründig. Insgesamt stellen sich pflanzenökologisch ungünstigere Lebensbedingungen ein; Umstände, die sich in diesem Fall negativ auf die Arten- und Familienvielfalt pro Feld niederschlagen. Trotz der niedrigen α -Diversität wird der zweithöchste *Evenness*-Querschnitt erreicht, ein Zeichen dafür, dass niedrige Artenzahlen nicht gleichbedeutend mit Dominanzstrukturen sind.

4 Schlussgedanken

Letztendlich kann man als Fazit ziehen, dass die Zusammensetzung der Segetalflora in Maisfeldern in diesem Bereich Südmexikos hauptsächlich von der Höhenlage und den davon abhängigen Klimagradienten sowie – in geringerem Umfang – dem Luv-Lee-Effekt gesteuert wird. Dagegen nimmt die Exposition im Vergleich zur (in diesem Fall) weitgehend unbedeutenden Höhe größeren Einfluss auf die Artenvielfalt der einzelnen Stufen. Das Ausmaß der Artenvielfalt hängt zusätzlich auch stark von lokalen Einflüssen ab: z.B. den Bewirtschaftungsmethoden im Tiefland, dem Übergangscharakter der mittleren Gebirgshänge der atlantischen Abdachung, den schlechten Bodenverhältnissen und der Trockenheit im Motozintlatal.

Diese Arbeit zeigt, dass sich eine hohe Zahl an Arten in den Maisfeldern einfinden kann. Auch im Vergleich zu mitteleuropäischen Agrarflächen, deren Artenspektrum sich durchschnittlich zumeist zwischen 20 und 30 Arten pro Aufnahme fläche bewegt (siehe Lebensformenspektrum eines fränkischen Brachackers in RICHTER 1997), sind die ermittelten Werte wesentlich höher. Doch im Vergleich zu den mannigfaltigen Lebensverhältnissen der natürlichen Wälder des Gebietes erscheinen sie ärmlich. Weitere Artenverluste sind mit voranschreitender Modernisierung der Landwirtschaft aufgrund der Verarmung der Segetalflora zu befürchten. Diesen Befund stützen auch die Ergebnisse der Arbeit von WEISSER (2001), die ebenfalls feststellte, dass die intensiv bewirtschafteten Felder (z.B. Soja, aber auch manche Maisfelder)

weniger vielfältig sind als extensiv genutzte 3–4 eine Tatsache, die aus Europa hinreichend bekannt ist, nun aber auch für tropische Agrarsysteme nachgewiesen wurde.

Nicht nur aufgrund der stetig und zügig fortschreitenden Zerstörung der natürlichen Ökosysteme in Chiapas (vgl. RICHTER 1999), sondern auch wegen des zunehmenden Einsatzes moderner Landbaumethoden ist mit einer massiven Abnahme der bislang sehr hohen Biodiversität zu rechnen. Der Entwicklung wirklich nachhaltiger Landnutzungsmethoden im Vergleich zur langfristig auch für die Landbevölkerung destruktiven Milpa muss daher oberste Priorität eingeräumt werden. Weiterhin gilt es den Schutz der verbliebenen Wälder mit ihrem Artenreichtum und ihrer Funktion der Wasserversorgung sicherzustellen, um ähnlichen ökologischen Katastrophen wie im Spätsommer 1998 mit massiven Erdbeben und Überschwemmungen vorzubeugen (RICHTER 1987, 1999).

Literatur

- Atlas nacional de Mexico* (1990). –Mexico. D.F
- BARKMAN, J. et al. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. In: *Acta Bot. Neerlandica* 13. S. 394-419. – Amsterdam
- BECK, J. (1985): Die Segetalflora im Maisanbau Nicaraguas. Untersuchungen über Vorkommen, Bekämpfung und Interferenz mit der Kulturpflanze. – Stuttgart
- BREEDLOVE, D. (1981) (Hrsg.): *Flora of Chiapas*. – California Academy of Science.
- BREEDLOVE, D. (1986): *Listados florísticos de México. IV. Flora de Chiapas*. México D.F.
- BEMMERLEIN-LUX, F. et al. (1993): *Multivariate Methoden in der Ökologie. Teil 2: Aufnahmemethoden*. (unveröffentlichtes Kursskript). – Nürnberg
- DEINLEIN, R. (1992): *Bodenkundliche Höhengradienten in der Sierra Madre de Chiapas, Mexico*. (unveröffentlichte Magisterarbeit). – Erlangen
- FISCHER, H. & F. BEMMERLEIN-LUX (1992): *Multivariate Methoden in der Ökologie. Teil 1*. (unveröffentlichtes Kursskript). – Nürnberg
- FRANKE, W. (1997²): *Nutzpflanzenkunde*. – Stuttgart
- GAUCH, H.G. (1982): *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge studies in ecology 1. – Cambridge
- GAUCH, H.G. et al (1974): *Ordination of vegetation samples by Gaussian species distributions*. In: *Ecology*, Bd. 55. S. 1382-1390
- HAEUPLER, H. (1982): *Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation. Untersuchungen zum Diversitätsbegriff*. *Dissertationes Botanicae*. Bd. 65. – Vaduz
- HOLM, L. et al. (1977): *The world's worst weeds. Distribution and biology*. – Honolulu
- JONGMAN, R. et al. (1987): *Data analysis in community and landscape ecology*. – Wageningen
- LAUER, W. (1959): *Klimatische und pflanzengeographische Grundzüge Zentralamerikas*. In: *Erdkunde*, Bd. 13. S. 344-354

- LAUER, W. (1976): Klimatische Grundzüge der Höhenstufung tropischer Gebirge. In: Verhandl. Dt. Geographentag Innsbruck 1975, Bd. 40. S.76-90. Innsbruck
- LAUER, W. & P. FRANKENBERG (1978): Untersuchungen zur Ökoklimatologie des östlichen Mexiko. In: Colloquium Geographicum, Bd. 13. S. VII-134. Bonn
- MITTERMEIER, R. et al. (1999): Hotspots. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecosystems. Mexico City
- MÜLLER-DOMBOIS, D. & H. ELLENBERG (1974): Aims and methods of vegetation ecology. – New York, London, Sydney, Toronto
- ORLOCI, L. (1978²): Multivariate analysis in vegetation research. – Den Haag
- RICHTER, M. (1986): Natürliche Grundlagen und agrarökologische Probleme im Soconusco und im Motozintla-Tal, Südmexiko. – Stuttgart
- RICHTER, M. (1987): Ökologische Auswirkungen unzweckmäßiger Anbauverfahren im Soconusco/Südmexiko. In: KOHLHEPP, G & A. SCHRADER (Hrsg.): Ökologische Probleme in Lateinamerika. Tübinger Geographische Studien, Bd. 96. S. 123-141. – Tübingen
- RICHTER, M. (1997): Allgemeine Pflanzengeographie. Stuttgart
- RICHTER, M. (1999): Die ökologische Krise in Chiapas. Ein Modellfall für Zentralamerika. In: Geographische Rundschau 51/7-8. S. 370-377
- SCHMID, W. (1987): Art, Dynamik und Bedeutung der Segetalflora in maisbetonten Produktionssystemen Togos. – Stuttgart
- SHMIDA, A. & M. WILSON (1985): Biological determinants of species diversity. In: Journal of Biogeography, Bd. 12. S. 1-20
- TER BRAAK, C. (1986): A canonical correspondence analysis: a new eigenvektor technique for multivariate direct gradient analysis. In: Ecology, Bd. 67. S. 1167-1179
- TER BRAAK, C. (1988): CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial][detrended][canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). – Wageningen
- WEBER, G. (1994): Die Eignung der Wildkrautflora als Indikator für die Beurteilung der Bewirtschaftungsform am Beispiel des Kaffeeanbaues im Soconusco in Chiapas/Mexiko. (unveröffentlichte Zulassungsarbeit). – Erlangen
- WEISCHET, W. (1996): Regionale Klimatologie – Teil 1. Die Neue Welt: Amerika, Neuseeland, Australien. – Stuttgart
- WEISSER, J. (2001): Diversität der Segetalflora in den Ejidos Mazatan und Buenos Aires, Soconusco, Chiapas, Mexiko. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Erlangen
- WHITTAKER, R.H. (1975): Communities and ecosystems. New York
- WILDI, O. (1994): Datenanalyse mit MULVA-5 (Arbeitskopie)