

- ca de México – Miscellanea Paul Rivet, México 1958, p. 579–584.
- : La etapa lítica en México. INAH. México 1967.
- : Condiciones periglaciales de las altas montañas de México. Inst. Nac. de Antropol. e Historia, México 1969.
- : Minor periglacial phenomena among the high volcanoes of Mexico. – The periglacial Environment: past and present, ed. Troy L. Péwé, Arctic Institute of North America, McGill-Queen's Univ. Press, Montreal 1969, P. 161–175.
- MAULL, O.: Die Bestimmung der Tropen am Beispiel Amerikas. Festschr. z. Hundertjahrfeier d. Ver. f. Geogr. u. Statistik in Frankfurt a. M. 1936, S. 365–398.
- MIRANDA, F. u. SHARP, A. J.: Characteristics of the Vegetation in Certain Temperature Regions of Eastern Mexico. Ecology Vol. 31, 1950, p. 313–333.
- MIRANDA, F. u. HERNANDEZ, E.: Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 28, 1963.
- MOSEÑO, P.: La precipitación y las configuraciones del flujo aéreo en la República Mexicana. Ing. Hidr. México, 1959, p. 1–12.
- u. GARCÍA, E.: The Climates of Mexico. World Survey of Climatology, Vol. XII, Amsterdam 1973 (im Druck).
- OHNGEMACH, D.: Análisis polínico de los sedimentos del Pleistoceno Reciente y del Holoceno en la región Puebla-Tlaxcala. Com. Proyecto Puebla-Tlaxcala, 1973, 47–49.
- PAFFEN, KH.: Das Verhältnis der tages- zur jahreszeitlichen Temperaturschwankung. Erdkunde 21, Bonn 1967, S. 94–111.
- RZEDOWSKI, J.: Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. Bol. Soc. Botánica de México 29, 1965, p. 121–177.
- u. McVAUGH, R.: La vegetación de la Nueva Galicia. Contrib. Univ. Michigan Herb. 1966, p. 1–123.
- RZEDOWSKI, J.: Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Act. Cient. Potosí, México 5 (1–2), 1965, p. 1–291.
- : Nota sobre el bosque mesófilo de montaña en el Valle de México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, 18, 1970, p. 91–106.
- SEARS, P. B. u. CLISBY, K. H.: Palynology in Southern North America. Part IV: Pleistocene climate in Mexico. Geol. Soc. Amer. Bull. 66, Denver 1955, p. 321–330.
- Secretaría de Recursos hidraulicos. Datos de las regiones Golfo Centro y Valle de Oriental, Libres y el Seco, Boletín hidrológico 20, 1963 (mit Klimadaten bis 1961).
- SOSA, A. H.: Tlaxcala. Bosquejo Agro-forestal. Rev. México Forestal. 36,2. México 1962.
- TROLL, C.: Thermische Klimatypen der Erde. Pet. Geogr. Mitt. 89, 1943, S. 81–89.
- : Die Lokalwinde der Tropen und ihr Einfluß auf Niederschlag und Vegetation. Bonner Geogr. Abh. H. 9, 1952, p. 124–182.
- : Forschungen in Zentral-Mexiko 1954. Die Stellung des Landes im dreidimensionalen Landschaftsaufbau der Erde. Tagungsber. u. Wiss. Abh. Dt. Geogr. Tag Hamburg 1955, p. 191–213.
- : Das Baumfarnklima und die Verbreitung der Baumfarne auf der Erde. Tübinger Geogr. Studien, H. 34, 1970. Beiträge zur Geographie der Tropen und Subtropen. Festschr. f. Herbert Wilhelmy. p. 179–189.
- VIVÓ, J. A. u. GOMEZ, J. C.: Climatología de México. México 1946.
- VIVÓ, J. A.: Los límites biogeográficos en América y la zona cultural mesoamericana. Revista Geográfica 3, p. 109–131.
- WEISCHET, W.: Klimatologische Regeln zur Vertikalverteilung der Niederschläge in Tropengebirgen. Die Erde 1969, S. 287–306.
- u. HAVLIK, D.: La diversa distribución vertical de la precipitación pluvial en las zonas tropicales y extra tropicales; sus razones y efectos geográficos. I. G. U. Conferencia Regional Latinoamericana, Tomo III, México 1966, p. 457–478.
- WHITE, S. E.: El Iztaccíhuatl. Acontecimientos volcánicos y geomorfológicos en el lado oeste durante el pleistoceno superior. INAH. Serie Investigaciones, 6, México 1962.
- WISSMANN, H. v.: Pflanzenklimatische Grenzen der warmen Tropen. Erdkunde 2/1948, p. 81–92.

## DIE NATÜRLICHE VEGETATION UND IHRE RÄUMLICHE ORDNUNG IM PUEBLA-TLAXCALA-GEBIET (MEXIKO)

Mit 8 Photos und 2 Beilagen (XI, XIa)

HANS-JÜRGEN KLINK

Prof. Dr. Willi Czajka zum 75. Geburtstag gewidmet\*)

*Summary:* Natural vegetation and its spatial distribution in the Puebla-Tlaxcala area of Mexico

This paper, together with the accompanying map and the vegetation profile, provides a view of the three-dimensional spatial distribution of vegetation and the climatic and edaphic factors which determine it in the Puebla-Tlaxcala area of Mexico. Particular attention is paid to tree vegetation. To the south, the transition to the xerophytic warm tropical vegetation of the Balsas depression is traced. An introductory section gives a review of the altitudinal stages

of vegetation on the humid eastern slopes of the Central Mexican Highlands from about 1,000 metres downward.

Mexico is distinguished by a very species-rich vegetation.

\*) WILLI CZAJKA hat ähnliche Fragen der vegetationsräumlichen Gliederung im Zusammenhang mit dem Wechsel der geökologischen Bedingungen in seiner Arbeit „Die naturräumliche Gliederung Nordwest-Argentiniens“ behandelt. Er veröffentlichte sie zusammen mit F. VERVOORST in Pet. Geogr. Mitt. 100, 1956, S. 89–102.

The richness of species is a consequence of the location of the country in the transitional area of the migration routes of two of the earth's flora kingdoms. Boreal-nearctic flora elements which have migrated in from the north over the prominent cordilleras since the Tertiary era, lie in layers over the tropical vegetation of the deeper parts of the country. In particular, the humid eastern slopes show a mixture of boreal-nearctic and tropical mountain and antarctic families from about 1,500 metres upwards. Of the latter only a few, forced into the undergrowth, are trying to penetrate the forests of the Highlands, dominated by boreal families. The plant-geographical boundary of the warm tropics with the tropical mountain deciduous forests in the south lies at around 1,800 metres. Although its course is deflected in individual instances by relief in association with local climatic influences, especially the presence of frosts.

The vegetation units which have been described are ordered both climatically and edaphically. The climatic control is the overriding, more widely effective one. It is prominent especially in the altitudinal arrangement of vegetation and also in the effects of windward and lee positions. Edaphic effects, through the soil moisture regime and the mineral content of the substrata for soil formation, are especially important for special formations such as the gallery forests and also for the more detailed locational divisions within the climatic-ecologically determined vegetation units. The climatic types published by W. LAUER and E. STIEHL elsewhere in this issue are used for the climatic-ecological characterisation of plant communities.

All the forests of the study area are being affected by strong destructive human intervention. One of the major future tasks for Mexico is reafforestation of the country in the interests of a functionally-effective environment: the prevention of further soil erosion, a balanced water regime, oxygen renewal and clean air.

Ziel dieses Beitrages ist es, eine Übersicht der vegetationsräumlichen Verhältnisse des Puebla-Tlaxcala-Gebietes zu geben. Das Gebiet liegt im Süden des zentralmexikanischen Hochlandes in der Sierra Volcanica Transversal. Südwärts geht es durch breite Senken und Flußtäler mit tropischen Berg-Fallaubwäldern und Kakteenformationen in die tropisch-semiaride Balsassenke mit xeromorphe Vegetation über, insgesamt eine Vegetation, die den entsprechenden Savannenformationen ähnlich ist. Im Südosten an das Tehuacántal schließt sich das obere Papaloapanbecken an, in dem ebenfalls xeromorphe tropische Berg-Fallaubwälder und Kakteenformationen verbreitet sind. Ganz andere ökologische Bedingungen herrschen im Osten. Hier fällt das Hochland über die feuchte Sierra Madre Oriental zur Küstenebene des Staates Veracruz ab. In der Höhenstufe der aufliegenden Passatbewölkung zwischen 1800 und 2700 m treten an der Sierra Madre Oriental Nebelwälder auf, die von zumeist immergrünen Eichen, Kiefern (vor allem *Pinus patula*, *P. ayacahuite*, *P. tenuifolia*) und tropisch-montanen Arten im Unterwuchs gebildet werden (*Acaena*, *Befaria*, *Clethra*, *Gunnera*, *Pernettya*, *Podocarpus*). Unterhalb 1800–800 m folgen sehr artenreiche, hauptsächlich mesomorphe Bergwälder aus borealen und tropischen Gattungen, die infolge der sub-

humiden Klimabedingungen zumeist halb laubwerfend (semitropophytisch) sind. Wichtig für diese Stufe sind: *Quercus*, *div. spec.*, *Liquidambar styraciflua*, *Fagus mexicana*, *Ulmus mexicana*, *Magnolia*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Juglans*, *Trema*, *Alnus*, *Platanus lindeniana* in feuchten Tal- und *Pinus strobus chiapensis* auf trockenen Höhenstandorten, außerdem als tropisch-montane bzw. antarktische Gattungen *Gaultheria*, *Gunnera*, *Fuchsia*, *Meliosma*, *Clethra*, *Oreopanax xalapense*, *Podocarpus*, *Weinmannia pinnata* sowie Baumfarne der Gattungen *Cyathea*, *Dicksonia* und *Cibotium*<sup>1)</sup> in feuchten Schluchten. Unterhalb 1500 m gewinnen tropische Gattungen mehr und mehr die Oberhand. Es ist dies die Höhenstufe des Kaffeeanbaus, dem die artenreichen Wälder leider zum großen Teil zum Opfer gefallen sind. An ihre Stelle ist weithin die tropische Leguminose *Inga* als Schattenbaum des Kaffees getreten. Auch die darüber gelegenen *Pinus patula* Nebelwälder sind durch die immer stärkere Ausweitung der *Milpa* bedroht, was zu gefährlichen Konsequenzen für den Wasserhaushalt großer Landesteile führen kann.

Die Lage des Untersuchungsgebietes in einem ausgeprägten Relief mit starken geländeklimatischen Unterschieden bedingt eine Vielfalt der natürlichen Vegetation und damit der Anbaumöglichkeiten. Stark modifizierend auf die ökologischen Verhältnisse wirken außerdem die bis in die Nivalzone hineinragenden Großvulkane, Pico de Orizaba, Malinche, Popocatepetl und Ixtaccíhuatl sowie die unmittelbar hinter dem hohen Ostrand des Hochlandes gelegenen trockenen, gehölzfreien und teilweise versalzten Becken von Oriental und Libres. (Vgl. auch H. ERN 1972 und Beilage X von W. LAUER und H.-J. KLINK in diesem Heft.)

#### *Artenreichtum als Folge der pflanzengeographischen Brückenstellung*

W. LAUER (1959) hat gezeigt, daß sich auf der mittelamerikanischen Landbrücke die Wanderwege des boreal-holarktischen und des neotropischen Florenreiches überlagern. Während boreal-nearktische Pflanzensippen, den Gebirgsketten der nordamerikanischen Kordillern folgend, seit dem Tertiär ins Hochland von Mexiko vorgedrungen sind (*Betulaceae*, *Fagaceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae* u. a.), besiedeln tropische bzw. antarktische Sippen die tieferen Landesteile, das Küstentiefland und die zumeist tektonisch vorgezeichneten Becken und Täler, wie die Balsassenke. Den Vertretern der Gattungen *Pinus*, *Abies*, *Picea* und *Juniperus* ist es dabei allgemein nicht gelungen über den Nicaraguagraben nach Süden vorzudringen; verschiedene Eichen der Gattung *Quercus*

<sup>1)</sup> Der für die Sierra Madre Oriental von C. TROLL (1955, S. 198) genannte *Alsophila* wird heute zumindest für die alte Welt in die Gattung *Cyathea* einbezogen (HOLTUM 1963).

finden sich jedoch noch in den Bergwäldern Kolumbiens zwischen 1000 und 3000 m Höhe. Während nach Süden zu eine allgemeine Artenverarmung der borealen Vegetation festzustellen ist, kommt es in Mexiko unter den Bedingungen des randtropischen Hochlandklimas noch einmal zu einem starken Andrang borealer Pflanzensippen. So nennt M. MARTÍNEZ, der sowohl die Pinaceen als auch die Gattung *Quercus* systematisch bearbeitet hat, für Mexiko rund 300 Arten der Gattung *Quercus*, 39 Arten, 18 Varietäten und 9 Formen der Gattung *Pinus*, 8 Arten und 5 Varietäten der Gattung *Abies*, 6 Arten und 2 Formen der Gattung *Cupressus* sowie 12 Arten, 6 Varietäten und 3 Formen der Gattung *Juniperus*. Darüber hinaus erzeugt die Überlagerung und Vermengung von Elementen der beiden Florenreiche eine Artenfülle der Vegetation, wie sie nur an ganz wenigen Stellen der Erde auftritt, beispielsweise noch einmal im hinterindischen Gebirgsland zwischen 18–23° n. Br., worauf bereits C. TROLL (1955) aufmerksam macht.

#### Die räumliche Ordnung der Vegetation

Die Abwandlung des randtropischen Klimas mit der Höhe durch das ausgeprägte Relief bedingt in Mexiko eine stockwerkartige Anordnung verschiedener Pflanzengemeinschaften in Abhängigkeit von den Temperaturstufen, vom Auftreten von Frösten und von der unterschiedlichen Feuchte. Für die unterschiedliche Befeuchtung haben neben Luv- und Lee-Wirkungen sich regelmäßig ausbildende Wolken-niveaus, wie sie der Passatstau und die winterlichen Kaltlufteinbrüche (Nortes) am karibischen Abfall des Hochlandes erzeugen, und die konvektive Bewölkung um die großen Vulkane besondere Bedeutung. Kennzeichnend für die mexikanische Vegetation ist nicht nur eine Abwandlung der tropischen Vegetation mit der Höhe, sondern die Überschichtung der tropischen Vegetation von der borealen. Dabei kommt es sowohl an den Abhängen des Hochlandes als auch im Hochland selbst zu einer gegenseitigen Durchdringung von Elementen der beiden Florenreiche. Sowohl die tropisch-xeromorphe Vegetation der Balsassenke als auch die überwiegend mesomorphe Vegetation des Ostabfalls mit borealen und tropisch-montanen/antarktischen Sippen haben Beziehungen zur Vegetationszusammensetzung des Hochlandes. Kennzeichnend für die tropischen Arten ist es, daß sie mit Annäherung an das Hochland vor allem in den Unterwuchs abgedrängt werden und Sonderstandorte einnehmen, wie der mesophile Bergwald mit vorwiegend tropischem Unterwuchs in den feuchten Schluchten der Westflanke der Sierra Nevada (H. ERN 1972; J. RZEDOWSKI 1970). Weiteren modifizierenden Einfluß auf die räumliche Gliederung der Pflanzendecke nehmen edaphische Unterschiede, die ihre Ursache vor allem im unterschiedlichen Substrat für die Bodenbildung

und in den wechselnden Bodenfeuchteregimen haben, die ihrerseits u. a. von bodeneigenen Eigenschaften abhängen. Hier soll eine Zuordnung der herausgestellten Vegetationstypen zu bestimmten Klimatypen versucht werden. Eine Klimatypenkarte, die klare Beziehungen zur vegetationsräumlichen Gliederung erkennen läßt, legen in diesem Heft W. LAUER und E. STIEHL (1973) vor. Auf diese Karte beziehen sich meine Aussagen über die klimatischen Gegebenheiten.

Großen Einfluß auf die Vegetation dieses alten Kulturraumes hat der Mensch. Er hat nicht nur eine großflächige Zerstörung der natürlichen Vegetationsdecke bewirkt und zu Verschiebungen im Artengefüge beigetragen, sondern auch zahlreiche Arten neu eingeführt, die heute stark prägend für das Pflanzenkleid vor allem der Kulturlandschaft sind. Sehr verbreitet im Kulturland besonders am Übergang zu den wärmeren und trockeneren Gebieten ist der aus Peru eingeführte *Schinus molle* (Anacardiaceae); Neuaufforstungen und Straßenbepflanzungen bestehen weithin aus australischen Eukalypten, vor allem *Eucalyptus globulus*, und Casuarinen, deren Artbestimmung wegen der häufigen Hybriden oft schwer fällt. Hinzu kommen als lebhaft blühende Ziergehölze, zumeist im Bereich von Siedlungen, paläo- und neotropische Arten, wie der afrikanische Tulpenbaum, *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae), der ursprünglich aus Madagaskar stammende Flamboyán, *Delonix regia* (Caesalpinaceae), und die auch im Hochland viel angepflanzte tropische Leguminose *Erythrina americana* (Papilionaceae), die allgemein unter dem Namen „Colorín“ bekannt ist. Zahlreich sind darüber hinaus die vom Menschen eingebrachten Fruchtbäume, die sich unter geeigneten Bedingungen zu dichten Hainen zusammenschließen und heute ein eingebürgerter Bestandteil der Landschaft sind. Ich beschränke mich im folgenden auf die Darstellung der natürlichen Vegetation, unter besonderer Berücksichtigung der Holzpflanzen, da vor allem die natürliche Vegetation Ausdruck der ökologischen Bedingungen und damit des Potentials der Räume für die Entfaltung des Lebens ist<sup>2)</sup>. Trotz aller Veränderungen durch den Menschen und durch Beweidung weist die aktuelle Vegetationsdecke immer noch genügend naturnahe Reste auf, von denen bei der Untersuchung im Gelände ausgegangen werden konnte.

#### Das Untersuchungsgebiet (Beilage XI)

Zur landeskundlichen Einführung in das zentrale Untersuchungsgebiet sei auf F. TICHY (1968) verwiesen. Die Vegetationskarte des Puebla-Tlaxcala-Ge-

<sup>2)</sup> Es ist mir ein Bedürfnis auch an dieser Stelle W. Boege, Puebla, Dank zu sagen, der mir in uneigennützigster Weise sein umfangreiches Herbar zur Verfügung gestellt hat. Mein Dank gilt außerdem J. Rzedowski, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, der mir beim Bestimmen vieler Pflanzen behilflich war.

bietes zeigt einen Verzahnungs- und Durchdringungsraum von tropisch-montanen und borealen Pflanzensippen, wie er für den südlichen Teil des zentralmexikanischen Hochlandes typisch ist. Die Karte reicht von der Sierra Nevada mit dem Popocatepetl (5452 m) und dem Ixtaccíhuatl (5286 m) im Westen bis an den hohen Rand der Sierra Madre Oriental, die hier nach Süden vom Cofre de Perote (4282 m) und den Abhängen und Lavaströmen des Pico de Orizaba (5700 m) fortgesetzt wird. Sie schließt damit die trockenen, von Natur aus baumfreien Becken von Oriental und Libres ein; im nördlichen Teil enthält sie den Block von Tlaxcala unter Einschluß des kleinen Hochbeckens von Apizaco und endet im Süden kurz vor Tehuacán, wodurch ein Vergleich zwischen dem trockeneren Tehuacántal und dem etwas feuchteren Tal von Atlixco – Izúcar de Matamoros möglich ist. Ein Vegetationsprofil<sup>2a)</sup> aus dem Becken von Huehuetlán el Grande, durch die Cordillera Tentzo, Valsequillo, den Serrijón de Amozoc, die unteren, von Barrancas zerfurchten Abhänge der Malinche, durch das zentrale Becken von Puebla mit der Schwemmebene des Atoyac und Zahuapan, den Xochitecatl bis auf den Block von Tlaxcala bei Españita ergänzt die Karte. Es soll, mit der Malinche im Hintergrund, einen Einblick in den dreidimensionalen Vegetationsaufbau gewähren. Im Bereich der Vulkane Popocatepetl, Iztaccíhuatl und Malinche wurden oberhalb 2500 m die Ergebnisse von H. ERN (1972) berücksichtigt.

#### Die pflanzengeographische Warmtropengrenze

Während oberhalb 1800 m das obere Stockwerk der naturnahen Wälder in der Hauptsache von borealen Gattungen wie *Quercus*, *Alnus*, *Pinus*, *Abies*, *Juniperus* gebildet wird und tropisch montane bis subantarktische Gattungen wie *Befaria*<sup>\*</sup>), *Bocconia*<sup>\*</sup>), *Gunnera*<sup>\*</sup>), *Oreopanax*, *Pernettya*, *Podocarpus*<sup>\*</sup>) neben weniger ausschließlich tropischen wie *Prunus*, *Garrya*, *Clethra*, *Morus* mehr im Unterwuchs vorkommen (W. LAUER 1973), übernehmen unterhalb ca. 1800 m tropische Sippen wie *Bursera*, *Ceiba*, *Fouquieria*, *Pseudosmodium*, zahlreiche holzige Leguminosen der Gattungen *Acacia*, *Mimosa*, *Prosopis*, *Caesalpinia*, *Cercidium*, *Cassia*, *Parkinsonia* u. a., in den subariden bis ariden Gebieten gemischt mit Kakteen, die Baumschicht. Die pflanzengeographische Warmtropengrenze liegt also bei rund 1800 m. Sie steigt jedoch unter dem Einfluß des Geländes vor allem an Süd- und Westhängen, wie auf der Südseite der Cordillera Tentzo und den südlichen Abhängen des Popocatepetl, die vor den winterlichen Nortes geschützt sind, auch

höher, bis rund 2000 m. Während sich die Wälder der oberhalb 1800 m gelegenen Tierra fria im allgemeinen durch eine überschaubare Artenzahl auszeichnen, wobei gewisse Arten in der Baumschicht deutlich dominieren, ist für die laubwerfenden tropischen Bergwälder der hier hauptsächlich angesprochenen semiariden Gebiete ein großer Artenreichtum kennzeichnend.

#### Klimatische und edaphische Vegetationsformen (Galeriewälder)

Die auf der Karte ausgesonderten Vegetationseinheiten lassen sich unter klimatischen und edaphischen Gesichtspunkten ordnen. Das klimaökologische bildet dabei das übergeordnete räumliche Ordnungsprinzip. Es ist für die mehr großräumige, vor allem in den Höhenstufen zum Ausdruck kommende Vegetationsanordnung ursächlich. Aus den edaphischen Unterschieden ergibt sich die feinere Untergliederung in bestimmte Assoziationsmuster. Außerdem treten gewisse edaphische Sonderformen auf, wie die Galeriewälder entlang den Gewässern. In ihrer Artensammensetzung weisen auch die Galeriewälder eine eindeutige Klimaabhängigkeit auf, so die von *Fraxinus udbei*, *Salix* und *Alnus arguta* gebildeten Auenwälder der borealen Stufe, hier im Becken von Puebla, sowie die *Ficus-Salix-Taxodium mucronatum* Galeriewälder (F. MIRANDA 1947, S. 104) des Atlixcotals und des Berg- und Tafellandes südlich der Cordillera Tentzo. Der *Ficus-Salix-Taxodium* Galeriewald ordnet sich der Stufe der tropischen Berg-Fallaubwälder zu, das bedeutet in der im folgenden verwendeten Nomenklatur den Wärmestufen „cálido“ und „semicálido“ (> 21–19°), die unterhalb der mittleren absoluten Frostgrenze liegen. Auf feinmaterialreichen, leicht verschwemmbar und gelegentlich trockenfallenden Böden, wie sie im Becken von Huehuetlán el Grande und einigen schuttreichen Tälern (Barrancas) zwischen dem Becken von Huehuetlán und Matamoros auftreten, wird der *Ficus-Salix-Taxodium* Galeriewald von *Astianthus viminalis*, dem gelbblühenden „axuchil“ aus der Familie der *Bignoniaceae* abgelöst. Ihm gesellen sich an einigen Stellen der „atepule“, *Cephalanthus salicifolius*, und der „huamuchil“, *Pithecolobium dulce*, hinzu. Im Bergland oberhalb der an die tropischen Berg-Fallaubwälder gebundenen *Ficus-Salix-Taxodium* Galeriewälder trifft man an Gewässern auf einen stattlichen Baum aus der Familie der *Verbenaceae*, *Vitex mollis*, den die einheimische Bevölkerung „cuyotomate“ nennt. Diese Bezeichnung stammt, wie alle genannten volkstümlichen Namen, aus dem Náhuatl.

Zur Kennzeichnung der klimaökologischen Bedingungen, die in den Verbreitungsgebieten der kartierten Vegetationseinheiten herrschen, verwende ich die von W. LAUER und E. STIEHL (1973) erarbeiteten Klimatypen. Die weitgehende räumliche Koinzidenz zwischen der Verbreitung der dargestellten Vegetations-

<sup>\*</sup>) Kommen nur am Ostabfall vor, nicht aber an den Vulkanen des Hochlandes, während die übrigen über den Ostabfall hinaus bis zu den Flanken der Hochlandvulkane vorgedrungen sind.

<sup>2a)</sup> Beilage XIa.

einheiten und den genannten Klimatypen zeigt (vgl. Karten), daß hiermit eine sehr wesentliche Komponente in den ökologischen Systemen des Untersuchungsgebietes erfaßt ist. Mit weiteren ökologischen Faktoren, wie den Böden, Strahlungshaushaltsgrößen usw., befassen sich andere Arbeiten im Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (AEPLI, HEINE, KLAUS, LAUER, MIEHLICH) sowohl qualitativ als auch quantitativ. Nach einer Veröffentlichung der Ergebnisse sollen auch diese in meine vegetationsökologischen Untersuchungen einbezogen werden.

### *Tropische Berg-Fallaubwälder und Kakteenformationen*

Die tropischen Berg-Fallaubwälder sind auf den Kalk- und Vulkanbergen an den Rändern des breiten Atlixcotals, im Becken-, Hügel- und Tafelland südlich der Cordillera Tentzo, an den Hügeln bei Izúcar de Matamoros, in geringer Ausdehnung an den unteren Südwesthängen der Sierra de Tecamachalco und großflächig im Tehuacántal sowie vor allem im anschließenden Papaloapanbecken verbreitet. Sie liegen hier in den Klimastufen „cálido semiárido“ und „semicálido semiárido“ mit einer Jahresmitteltemperatur von 19 bis über 21° und Niederschlägen von 400 bis 800 mm bei fünf bis allenfalls sechs humiden Monaten. Es sind artenreiche, niederwüchsige Wälder mit vorherrschenden regenrünen ‚Obstbaumformen‘ und Schirmkronen, aus denen einzelne große Bäume, meist der „pochote“, *Ceiba parvifolia* (Bombacaceae), und der mehr schirmförmige *Conzattia multiflora* (Caesalpinaceae) herausragen. Kleinblättrige Bäume mit dünner Rinde, die sich oft papierartig abschälen läßt, herrschen darin vor. Die Wuchsform der meisten Pflanzen ist xeromorph. Eine Anzahl ist harzreich und stark duftend. Einige Burseras und auch *Ceiba parvifolia* haben wasserspeichernde Wurzelverdickungen, sogenannte Xylpodien. Tierblütigkeit herrscht bei weitem vor. Viele Arten haben auffällige z. T. lebhaft gefärbte Blüten mit intensivem Duft. Die Hauptblütezeit liegt in den Monaten April bis Mitte Mai, am Ende der Trocken- und zu Beginn der Regenzeit. Im Unterwuchs und an lichten Stellen gedeihen Sukkulente, so verschiedene Agaven neben Kakteen insbesondere der Gattungen *Mammillaria*, *Echinocactus* und *Opuntia* sowie *Hechtia*, eine Erdbromelie.

In der Hauptsache werden diese artenreichen tropischen Wälder, die sich nach Standortunterschieden gliedern, von holzigen Leguminosen, vor allem Mimosaceen und Caesalpinaceen, zahlreichen Burseraceen sowie verschiedenen Anacardiaceen, wie *Actinocbeita*, *Cyrtocarpa*, *Pistacia* und, insbesondere am Übergang zu den Eichenmischwäldern, *Rhus* gebildet. In einer feuchteren Ausbildung der tropischen Berg-Fallaubwälder, die vor allem die Flanken des Berglandes von Huehuetlán und die Hügel in der Umgebung von Izúcar de Matamoros bedeckt, bestimmt die hoch-

wüchsige, unbedornete, auffällig gelb blühende Caesalpinacee *Conzattia multiflora*, gemischt mit verschiedenen Burseras, den Aspekt der Wälder. Auch die Bombacacee *Ceiba parvifolia* ist hier häufig; sie ist leicht daran zu erkennen, daß sie in der Jugendform zapfenförmige Auswüchse der Borke hat. An lichten Stellen und am Waldrand wachsen die durch große gelbe Blüten auffallende Apocynacee *Thevetia thevetioides* und die kleinere, ebenfalls gelb blühende Bignoniacee *Tecoma stans*; die letzte ist allerdings nicht ausschließlich an die tropischen Berg-Fallaubwälder gebunden, sondern kommt auch im Hochland in der Ruderaflora vor. Als Begleiter und auch Anzeiger für standörtliche Unterschiede treten auf: in der feuchteren Ausbildung die Rubiaceen *Randia* und *Coutarea latifolia*, die Ende April stark duftende, weiße, glöckchenförmige Blüten treibt, *Physodium dubium* (Sterculiaceae), *Malpighia mexicana* (Malpighiaceae) und auf trockenen, felsigen Standorten die Anacardiacee *Pseudosmodingium* sowie Fouquieriaceen, insbesondere *Fouquieria formosa*. Wichtige Vertreter dieser Wälder sind außerdem Arten der Gattung *Acacia* (*A. farnesiana*, *A. cymbispina*, *A. pennatula* u. a.), *Mimosa*, *Prosopis* (z. B. *Prosopis palmeri*), *Lysiloma*, *Cassia*, *Parkinsonia*, *Parosella*, *Pithecolobium*, *Capparis* u. a. Eine besondere Zierde sowohl der trockenen als auch der feuchteren Ausbildung der tropischen Berg-Fallaubwälder ist die weiß und innen gelb, als Kulturform auch rötlich blühende Apocynacee *Plumeria* (*P. acutifolia* und *P. rubra*), die in ihren sukkulent verdickten Holzteilen Milchsaft führt. Sie ist bei der Bevölkerung als „Flor de mayo“ bekannt und fand früher wohl kultische Verwendung. Auch ein Senecio, *Senecio praecox* (Compositae), bei dem der Holzteil zur Wasserspeicherung verdickt ist, kommt hier häufig vor. Andere Senecionen, wie *Senecio salignus*, *S. barba-johannis* und *S. cf. andreuxii* wachsen in der Stufe der Höhennadelwälder, wo sie H. ERN (1972a) beschreibt. Im Unterwuchs gedeihen außer den vorher erwähnten Sukkulente in der Regenzeit einige tropische Gräser, verschiedene Asclepiadaceen der Gattung *Asclepias* und zweifarbig blühende Verbenaceen der Gattung *Lantana*. Bei den trockenen Formen hingegen beschränkt sich der Unterwuchs häufig auf Sukkulente, zumeist *Mammillaria*, Agaven (besonders *Agave lecheguilla*, örtlich *A. stricta*, *A. uniottata* u. a.) sowie *Hechtia*.

In feuchteren Schluchten des Berglandes wachsen Ficus-Arten, die wohl aus dem Tiefland eingeführt *Cedrela mexicana* (Meliaceae), die wegen ihres Holzes begehrt ist, *Syderoxylon capiri* (Sapotaceae) sowie die Euphorbiacee *Sapium appendiculatum* („Palo de flecha“).

Im Verzahnungsgebiet mit den gemischten Eichenwäldern haben Tiliaceen der Gattung *Heliocarpus* einen hohen Anteil im Kronendach naturnaher Wälder. Sie sind beispielsweise in den Bergen von Atlixco mit der zart-fiederblättrigen *Bursera galeotteana* ver-

gesellschaftet, die hier stattliche, rottrindige Bäume von der Größe hochstämmiger alter Apfelbäume bildet. Sie gehört zu den *Bursera*, welche am dichtesten an die Grenze der boreal bestimmten Wälder herangehen. In den tropischen Berg-Fallaubwäldern des Atlixcotals, des Beckens von Huehuetlán und seiner Randgebiete, aber auch im Übergangsbereich zu den Eichenmischwäldern der Tierra fria – hier vor allem an den Südflanken kleiner Schlackenvulkane, wie dem C. Tecajete – sind Windenbäume der Gattung *Ipomoea* häufig. Sie bilden in degradierten Wäldern und auf bodenmäßig unentwickelten vulkanischen Substraten eine Art Pionierholzart. Auch an Wegrändern des offenen Kulturlandes im östlichen und südöstlichen Vorland des Popocatépetl, das hauptsächlich im Anbau von Mais und Bohnen („frijol“) genutzt wird, sind Windenbäume zahlreich anzutreffen. *Ipomoea murucoides* kommt vor allem im höheren Bereich über 1500 m vor, *Ipomoea wolcottiana* und *I. arborescens* haben ihr Verbreitungsgebiet im tieferen, z. B. bei Matamoros.

Im Übergangsbereich zur borealen Vegetation, bei Atlixco und südlich des Valsequillo Stausees, ist in den Eichenmischwäldern und den sich anschließenden tropischen Fallaubwäldern, die durch starke Holzentnahme und dann zumeist einsetzende Bodenerosion degradiert sind, die lichtbedürftige Sapindacee *Dodonea viscosa* häufig. Im Bergland von Atlixco und an den Abhängen der Cordillera Tentzo stellen sich um 1800 m Höhenlage in tiefen schluchtartigen Tälern und an steilen Nordhängen stets Eichen im tropischen Berg-Fallaubwaldgebiet ein (*Quercus obtusata*, *Q. glaucooides*, *Q. resinosa*). Elemente des borealen Eichenmischwaldes finden hier nach der ‚Regel der relativen Standortkonstanz‘, die H. und E. WALTER 1953 formuliert haben, bereits geeignete Wuchsbedingungen. Wir sind hiermit in den Verzahnungsbereich zwischen tropischen Berg-Fallaubwäldern und borealen Wäldern gelangt. Beschreibungen der tropischen Berg-Fallaubwälder der Balsassenke und des Papaloapanbeckens finden sich außerdem bei F. MIRANDA (1942 und 1947).

An sehr trockenen und warmen Südhängen des Atoyacdurchbruchs südlich der Cordillera Tentzo, an den Rändern des Beckens von Huehuetlán, im Tehuacántal und dem darauf folgenden Becken der Quellflüsse des Papaloapan mischen sich den tropischen Berg-Fallaubwäldern hochwüchsige Kakteen bei. Sie ragen teils als bis 10 m hohe, schlanke Säulen aus dem mehr oder weniger geschlossenen Kronendach der niedrigen Wälder, teils haben sie weitausladende Kandelaberformen. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt im Klimatyp „cálido semiárido“ mit nur fünf humiden Monaten und Niederschlägen, die z. T. unter 400 mm liegen. Im Kartenbereich kommen sie vor allem an trockenen und warmen Hängen sowie an den nach Süden exponierten Rändern der Beckenlandschaften vor. So steigen sie am nördlichen Rande des Beckens von



Photo 1: *Neobuxbaumia mezcalaensis* und Schopfbblattbäume der Gattung *Yucca* im tropischen Berg-Fallaubwald, der hier vor allem von *Bursera*, *Rhus* und *Pistacia* gebildet wird, am oberen Rand des Atoyacdurchbruchs bei 1800 m (Aufnahme Sept. 1972)

*Neobuxbaumia mezcalaensis* and rosette-leaf trees of the genus *Yucca* in the region of the tropical montane deciduous forest here consisting of *Bursera*, *Rhus* and *Pistacia*, located at the upper end of the Atoyacvalley about 1800 m above sea-level



Photo 2: *Cercidium praecox*-*Neobuxbaumia tetetzo*-Assoziation (Palo verde oder Mezquite verde, teteches) auf kalkarmen Böden aus Terrassenschottern des Río Salado südöstlich Tehuacán. Auf Bewässerungsland im Vordergrund Zuckerrohr und ein einzelner *Leucaena glauca* (Guaje), eine Mimosacee mit essbaren Früchten (Aufnahme Aug. 1972)

Plant community of *Cercidium praecox*-*Neobuxbaumia tetetzo* (palo verde, mezquite verde, teteches) on soils with very little calcereous content on the gravel terraces of the Río Salado SE of Tehuacán. In the foreground on irrigated land sugar-cane and a single *Leucaena glauca* (guaje), a *Mimosaceae* with edible fruits

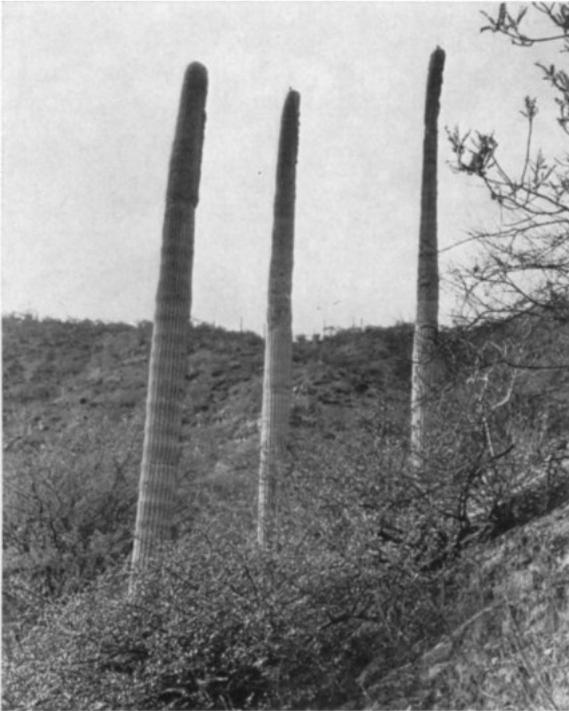


Photo 3: Leicht gekrümmte Säulenkakteen *Cephalocereus hoppenstedtii* vergesellschaftet mit *Burseras div. spec.* und *Fouquieria*, auf feinmaterialreichen Böden aus Kalkmergel im Becken der Quellflüsse des Papaloapan bei 1100 m an der Grenze zum Staate Oaxaca (Aufnahme Aug. 1972)

Slightly curved cactus *Cephalocereus hoppenstedtii* with *Bursera ssp.* and *Fouquieria* on soils rich in fine material of marly limestone in the basin of the Río Papaloapan, altitude about 1100 m at the border towards the State of Oaxaca

Huehuetlán an Südhängen und an den Flanken warmer Täler bis in eine Höhe von ca. 1800 m. Auf flachgründigen Böden, vor allem über Kalkgestein, wächst in Hanglagen hauptsächlich die kerzengerade, fahlgrüne Säulenkaktee *Neobuxbaumia mezcalaensis* (Photo 1). Der blaugrüne Kandelaberkaktus *Lemaireocereus weberi* hingegen besiedelt mehr tiefgründige, feinmaterialreiche Böden in Schluchten und am Hangfuß, wo er häufig mit Dorngehölzen, vor allem der Gattung *Cercidium* (Mezquite verde oder Palo verde) vergesellschaftet ist. Im Gebiet des Río Salado im oberen Papaloapanbecken ist auf kalkarmen Flußschottern und metamorphitischen Schwemmschuttbildungen einer Bergfuß-Schwemmfächerzone, die hier von Sandsteinen und sandigen Konglomeraten durchragt wird, eine Dornbusch-Kakteen-Formation verbreitet. Diese recht einheitlichen und verhältnismäßig artenarmen Dornbusch-Kakteen-Wälder werden vor allem von *Cercidium praecox*, einer grünrindigen, microphyllen Caesalpiniacee, und dem sich unregelmäßig verzweigenden Säulenkaktus *Neobuxbaumia tetetzo*

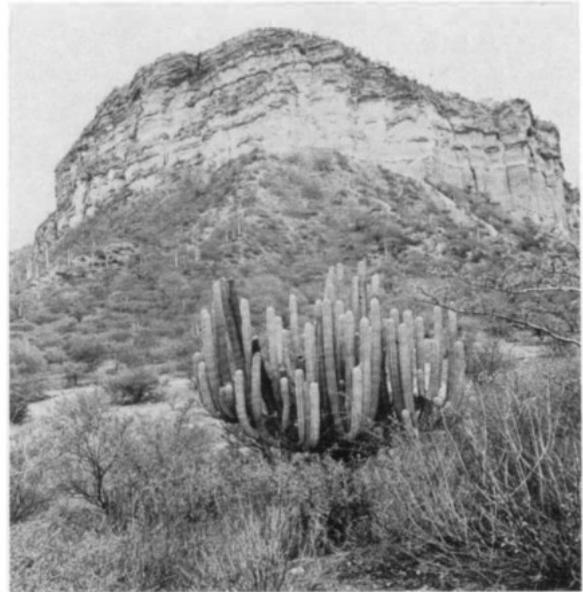


Photo 4: Kandelaberkaktus *Lemaireocereus weberi* im tropischen Berg-Fallaubwald bei Teotitlan del Camino. Die Schutthalde unter dem Kreidekalk-Schichtkopf ebenso wie die Stufenfläche sind mit *Burseras div. spec.*, *Fouquieria formosa* und den gekrümmten Säulen von *Cephalocereus hoppenstedtii* bestanden (Aufnahme Aug. 1972)

Candelabracactus *Lemaireocereus weberi* in the tropical montane deciduous forest near Teotitlan del Camino. The scree below the escarpment is covered with *Bursera ssp.*, *Fouquieria formosa* and the curved columns of *Cephalocereus hoppenstedtii*

gebildet (Photo 2). Mehr vereinzelt kommen außerdem in diesen Wäldern microphyllle *Burseras*, *Bursera morelensis* und *B. microphylla*, sowie die Julianiacee *Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht. (synonym *Juliania adstringens* Schlecht.) vor. Auffällig ist, daß diesen Trockenwäldern eine Bodenvegetation ebenso fehlt, wie dem Boden ein Humushorizont. A. W. KÜCHLER (1964, Vegetation type 43) beschreibt einen ähnlichen „Palo verde-cactus-shrub“, bestehend aus *Cercidium microphyllum*, *Opuntia ssp.* und *Cereus giganteus*, aus Südostkalifornien und dem südwestlichen Arizona. Auf tiefergründigen Böden aus Kalkmergel und Kalkzersatz, in geringer Ausdehnung oberhalb der Atoyacschlucht und großflächig unter den Kreidekalk-Schichtköpfen bei Teotitlan del Camino an der Grenze zum Staate Oaxaca, bei 1100 m, kommen die leicht gekrümmten Säulen von *Cephalocereus hoppenstedtii* vergesellschaftet mit Dorngehölzen der Leguminosenfamilie, *Fouquieria*, *Plumeria acutifolia* und vor allem verschiedenen *Burseras* u. a. vor (Photo 3 und 4).

Die mit Lockersedimenten gefüllten Tal- und Beckenböden in den Klimastufen „cálido semiárido“ bis „semicálido semiárido“ mit 19 bis über 21° Jahresmitteltemperatur 800 bis < 400 mm Niederschlag bei

fünf bis allenfalls sechs humiden Monaten, in denen nach Beseitigung der Naturvegetation vor allem Mais, Bohnen und weit verbreitet auch Zuckerrohr angebaut werden, nimmt natürlicherweise der Mezquite ein. Er besteht im Tehuacántal aus mehr oder weniger lichten Beständen von *Prosopis juliflora*, einer immergrünen Mimose. Sie entwickelt sich vor allem in Becken mit gehemmtem Abfluß und Tälern, wo die Wurzeln Grundwasser erreichen können. Im nördlichen Tehuacántal wird *Prosopis juliflora* durch *Eysenhardtia* abgelöst. An besonders feuchten Stellen, an Terrassenrändern und in Barrancas der Randhügel des Beckens tritt im Verbreitungsgebiet dieser sonst sehr einheitlichen, artenarmen Formation *Pithecolobium dulce* hinzu. Eine typische Sekundärformation des Mezquite ist der „Matorral“ aus *Acacia farnesiana* („huizache“).

#### Baumförmige monokotyle Schopfbblattgewächse

Trockene Standorte in den Klimabereichen „semicálido“ (19–21°) bis „cálido“ (> 21°) besiedeln monokotyle Schopfbblattbäume der Gattung *Yucca* (Photo 1). *Yucca filifera* und *Y. carnerosana* wachsen auf flachgründigen Kalkverwitterungsböden vom Typ einer Rendzina (hauptsächlich Mullrendzina) im Tehuacántal und im Gebiet der C. Tentzo, wo sie bereits in das klimaökologisch bedingte Verbreitungsgebiet der laubwerfenden Eichenmischwälder mit *Juniperus flaccida* eintreten und ein auffälliger Bestandteil vor allem stärker degradierter Wälder sind.

Ein offensichtlich durch edaphische Verstärkung der Trockenheit mitbedingter Vegetationstyp im Klimagebiet „cálido semiárido“ des Tehuacántals mit über 21° Jahresmitteltemperatur, Niederschlägen um 400 mm, bei fünf humiden Monaten ist eine Pflanzengemeinschaft aus *Beauvernia gracilis* und *Yucca periculosa*. Sie kommt hier ausschließlich auf flachgründigen Böden über Kalkgestein vor und bedeckt unter anderem die breiten Sinterterrassen an den Rändern des Tals. Die zur Wasserspeicherung an der Basis flaschenförmig verdickten Stämme von *Beauvernia gracilis*, die nur schwache Verzweigung von *Yucca periculosa* sowie verschiedene markante Kakteen, wie *Ferrocactus robustus*, der große Kugelkaktus *Echinocactus grandis* und, südöstlich Tehuacán, *Neobuxbaumia* (wahrscheinlich *macrocephala*) mit *Pseudomitrocereus fulviceps*, zeigen, daß es sich hierbei um eine besonders xeromorphe Pflanzenformation handelt. Außerdem kommen darin verschiedene Agaven, Opuntien und, oft in dichten Beständen, die sukkulente Erdbromelie *Hechtia* vor. Eine lichte Baumschicht, die, wenn der Boden nicht gerade von Kalkausblühungen überzogen ist, etwas Graswuchs zuläßt, bilden *Fouquieria formosa* und *Pseudosmodium multifolium*. Auf der Karte (Beilage XI) wird die Formation als trockener Matorral mit monokotylen Schopfbblattbäumen und sukkulenten Rosettenpflanzen bezeichnet.

Aus dem sub- bis semiariden Gebiet aufragende

Kalksieren, wie die Sierra de Tecamachalco, von denen nicht sicher ist, ob sie vor der großen Wald- und damit Bodenzerstörung durch den Menschen zum Teil mit Eichenwäldern oder wenigstens Eichengebüsch von *Quercus microphylla* u. a. bedeckt waren, tragen heute Schopfbblattbäume hauptsächlich der Gattungen *Nolina* und *Dasylyron*. Thermisch erstreckt sich ihr Verbreitungsgebiet durch die Stufen „fresco“ (15–17°) und „semifrio“ (13–15°). Eine ähnliche Vegetation im Klimatyp „semifrio semiárido“ findet sich auf der Leeseite unter den Derrumbadas, am Rande zum stark semiariden Becken von Oriental, das nur fünf humide Monate hat. Im Gebiet der Derrumbadas selbst liegen die Jahresmitteltemperaturen um 14°; die Niederschläge im Gebiet dieser bereits unter dem Einfluß der Passatbewölkung stehenden vulkanischen Kuppen sind im Luv und Lee unterschiedlich hoch, am höchsten sind sie im bis 2950 m ansteigenden Gipfelbereich. Er ist bei beiden Derrumbadas häufig in Wolken gehüllt und trägt einen geschlossenen *Abies religiosa*-Bestand. Die Andauer der humiden Zeit, die allgemein bei sechs Monaten liegt, dürfte sich deshalb im Luv- und Gipfelbereich noch verlängern. Die vorher erwähnte Schopfbblattbaumformation unter den Leehängen hingegen ist von Vertretern des Leekiefernwaldes, wie *Pinus oaxacana* und *P. cembroides*, beide xerophytisch, durchsetzt. Wahrscheinlich sind die Schopfbblattbäume der Gattungen *Nolina* (*Nolina longifolia* Schult.) und *Dasylyron* (*Dasylyron lucidum* Rose u. a.) hier sogar Vertreter einer Sekundärformation auf Standorten natürlicher Leekiefernwälder (Photo 5). Beim Übergang auf die Luvseiten stellen sich dann etwas oberhalb dieser Leekiefern-*Nolina*-Formation auch bald derblättrige Eichen wie *Quercus crassifolia* und *Q. rugosa* ein, die zum Teil mit *Tillandsia usneoides* behangen sind. Insgesamt liegt hier also eine unter dem Einfluß der Geländeklimata kleinräumig sich ändernde Vegetation vor.

#### Eichenwälder und Dorngehölze

Besonders interessant ist der Verzahnungsbereich zwischen den Wäldern aus hauptsächlich borealen Arten und solchen aus tropischen. Er zieht sich entlang dem oberen Rand des Atlixcotales, wo eine Schwelle zum Becken von Puebla ausgebildet ist, und über den Südrand der C. Tentzo. An steileren Erhebungen wie im oberen Atlixcotale sind die Südhänge mit tropischem Berg-Fallaubwald bedeckt, während an den Nordhängen sofort Eichenwälder einsetzen. Mindestens vier Eichenarten sind an der Verzahnung beteiligt: die drei bereits genannten *Quercus resinosa*, *Q. glaucoides*, *Q. obtusata* und *Q. hartwegii*. F. MIRANDA (1948, S. 348) erwähnt für den Rand des Papaloapanbeckens im Staate Oaxaca noch *Quercus glaucophylla* und die großblättrige *Q. liebmannii*. Südlich Puebla, am „El Mirador“ bedecken kleinblättrige Strauchweiden, wie *Quercus microphylla*, die obere

Nordflanke eines Höhenzuges. Sie stehen hier am Übergang von Kiefern-Eichen-Wald am Nordhang zu tropischem Berg-Fallaubwald, der unvermittelt am steilen Südhang einsetzt und sich hinunter ins tiefer gelegene Atlixcotatl zieht. *Quercus glaucoides* und vor allem die großblättrige *Q. resinosa* gehen südlich der C. Tentzo in einen aus holzigen Leguminosen gebildeten Dornbusch hinein, der hier den Übergang zu den tropischen Berg-Fallaubwäldern vermittelt, und bilden an Nordhängen isolierter Erhebungen sowie in Talschluchten mit wenig Sonne vorgeschobene Posten (vgl. Profil). Zweifelhaft bleibt, ob es sich bei diesen Dorngehölzen, die nur aus sehr wenigen Arten bestehen (*Acia cymbispinata*, *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *Calliandra spez.*), um eine natürliche Pflanzenformation oder um einen Sekundärwald handelt. Da das Vieh regelmäßig darin weidet, spricht manches für das letzte.

Bilden die genannten Arten die Grenze des boreal bestimmten Eichenmischwaldes zu den tropischen Trockengebieten im Süden, so vermitteln nach Osten zu den Nebelwäldern des Ostabfalls bzw. zu den feuchten Bergwäldern der Vulkane am Hochlandrand mehr hartlaubige, halbimmergrüne bis immergrüne Eichen (*Quercus rugosa*, *Q. crassifolia*, *Q. laurina*). Dieselben Arten finden sich auch in den feuchten Bergwäldern der genannten Gebiete. *Quercus rugosa* und *Q. crassifolia* wachsen auch auf der Ostseite des Pico de Orizaba und unter den Derrumbadas ziemlich nahe den trockenen, gehölzfreien Becken, die stets von einem lichten *Juniperus deppeana*-Gürtel umgeben sind, der hier die untere Baumgrenze (kombinierte Salz- und Trockengrenze) bildet. Diese Vegetationsverhältnisse sind Ausdruck erheblicher geländeklimatischer Unterschiede auf kleinem Raum, vor allem der ausgeprägten Luv- und Lee-Effekte, die hier in der Nähe des östlichen Hochlandrandes herrschen.

Die Cordillera Tentzo selbst sowie der durch die Atoyacschenke davon getrennte Serrijón de Amozoc werden von laubwerfenden Eichenmischwäldern eingenommen, denen die Kiefer weitgehend fehlt. Häufige Arten sind: *Quercus castanea*, *Q. obtusata*, *Q. crassipes/mexicana*, *Q. resinosa*, *Q. conspersa*, *Rhus mollis* u. a. Beigemischt ist diesen Wäldern *Juniperus flaccida*. Es handelt sich hierbei um einen laubwerfenden Eichmischwald auf flachgründigen Böden in hängiger Lage (Photo 6), die aus Kalk- und Vulkangesteinen hervorgegangen sind. Besonders die Böden aus Basaltmaterial sind stark lehmig und haben ein besseres Wasserhaltevermögen als die aus Kalkgestein. Das kann man insbesondere im Bergland nördlich der C. Tentzo beobachten, wo beide Gesteine nebeneinander vorkommen. Bereits an den Unterhängen und im nördlichen Vorland des Serrijón de Amozoc, wo die Böden aus lockeren Tuffen über einem verfestigten Tepetatehorizont bzw. aus tiefgründigen Tuffen bestehen, werden die laubwerfenden Eichenwälder von Kiefern-Eichen-Mischwald, hier mit *Juniperus flaccida* und *J. deppeana*, abgelöst.

### Kiefern-Eichen-Wälder und ihre Wuchsgebiete

Kiefern-Eichen-Mischwälder sind der klimaökologisch bedingte Vegetationstyp der thermischen Stufen „semifrío“ und „fresco“ (13–17°), der die unteren Abhänge der großen Vulkane etwa unterhalb 2700 m, große Teile des Beckens von Puebla, den im Norden sich anschließenden Block von Tlaxcala, die Berg- (C. Pinal) und Höhenzüge südöstlich der Malinche und die sich aus den trockenen Becken im Osten erhebenden vulkanischen Kuppen einnimmt. Hygrisch herrscht der Typ „semiárido“ vor. An den feuchteren Abhängen der großen Vulkane sowie auf den feuchteren Luvseiten der Erhebungen südöstlich der Malinche und im Gebiet der im Osten anschließenden trockenen Becken kommt es durch vermehrte Niederschläge und verminderte Verdunstung infolge regelmäßiger advektiver und konvektiver Bewölkung zur Ausbildung eines feuchteren Typs der Kiefern-Eichen-Mischwälder. Er tritt vor allem oberhalb 2400 m auf und ordnet sich dem Klima „semifrío semihúmedo“ zu mit 13–15° Jahresmitteltemperatur und 800–1200 mm Niederschlag bei 7 humiden Monaten. Die trockeneren Kiefern-Eichen-Wälder, die insbesondere auf der Lee-seite größerer Erhebungen und auf dem Block von Tlaxcala verbreitet sind, zeichnen sich durch Kiefern wie *Pinus cembroides*, *P. oaxacana*, *P. rudis* und laubwerfende Eichen, vor allem entlang von Barrancas, aus. Beigemischt sind ihnen die baumförmigen Ericaceen *Arbutus glandulosa* und *A. xalapensis*, letzter vor allem im Übergang zu den wärmeren Gebieten. Ein wichtiger vor allem am Rande zur Trockengrenze häufiger Vertreter ist *Juniperus deppeana*. *Juniperus deppeana* fehlt den Kiefern-Eichen-Mischwäldern feuchteren Typs. Dafür treten in ihm mehr mesophile Kiefern wie *Pinus pseudostrobus* im oberen Teil, *P. montezumae* und *P. teocote* auf. Auch immergrüne Eichen fehlen in der Nähe regelmäßig aufliegender Nebelniveaus nicht. Das Auftreten von *Pinus leiophylla* sowohl im trockeneren als auch im feuchteren Kiefern-Eichen-Wald ist wahrscheinlich eine Folge des Menschen, denn alle Wälder dieser Stufe unterliegen starken menschlichen Einwirkungen. H. ERN (1972a, b) sieht auch in den dickborkigen Kiefern *Pinus montezumae* und *P. teocote* vor allem eine Brandfolge.

Auffällig ist, daß die tiefgründigen, lockeren und durchlässigen Tuffböden unterhalb der großen Vulkane – sofern sie noch Waldreste tragen – mit Kiefern, vor allem *Pinus leiophylla*, bestanden sind, Eichen aber in diesen Wäldern zurücktreten. Die Ränder der in die lockeren Tuffe gerissenen Schluchten (Barrancas) hingegen, die in der Regenzeit fast täglich Wasser führen, werden von Eichen, häufig *Quercus crassipes/mexicana*, und der Loganiacee *Buddleia*, die je nach Feuchtegrad in verschiedenen Arten auftritt, besiedelt. Möglicherweise geht auch diese standörtliche Auslese bis zu einem gewissen Grade auf die häufig

gelegten Brände und die Überweidung zurück, die den brandresistenten, nicht dem Tierfraß unterliegenden ‚Pionierkiefern‘ einen Vorteil verschaffen. Sicher ist, daß viele Eichen gegenüber den Kiefern feuchtere Böden mit besserem Wasserhaltevermögen bevorzugen, wie sie in schluchtartigen Tälern und als lehmige Verwitterungsprodukte dichter Vulkangesteine auftreten.

#### Verteilung der Epiphyten

Vielseitig ist das Problem der Epiphyten. Sie kommen in verschiedenen Arten in nahezu allen Klimatypen des Untersuchungsgebietes bis in die Kakteen-Dornbusch-Formation des südlichen Tehuacántals vor. In den Eichen-Kiefern-Wäldern der Nebelstufe des Ostabfalls sind besonders die auf feuchteren Standorten wachsenden Eichen – weniger die Kiefern – mit grünen Trichterepiphyten vor allem der Gattung *Tillandsia* (z. B. *Tillandsia imperialis* und *T. flabellata*) sowie Orchideen besetzt. Bei ca. 2000 m verschwinden diese Trichterepiphyten aus Wärmemangel und werden von Flechten u. a. der Gattung *Usnea* abgelöst, die in Bärten von Stämmen und Ästen des Nebel-nadelwaldes aus *Pinus patula*, *P. ayacahuite*, *P. tenuifolia* und *Cupressus lindleyi* herabhängen. Auf den feuchten Luvseiten der Sierran und Vulkane des Hochlandes tritt im Eichen-Kiefern-Wald vor allem *Tillandsia usneoides* auf, die zu den grauen, mit Saugschuppen ausgerüsteten Tillandsien gehört. Sie fehlt im Nebel-nadelwald des Ostabfalls, wo es ihr offensichtlich zu feucht ist. Auch auf den Eichen schluchtartiger Täler des Hochlandes, durch die Kaltluft abzieht, ist *Tillandsia usneoides* häufig. Im Trockengebiet um Tehuacán finden sich sukkulente Epiphyten, wie *Tillandsia caput-medusae* und *T. benthamiana*, die auffällige gelb-rote Blütenstände treiben und selbst auf Kakteen sitzen oder wie die unscheinbare *Tillandsia recurvata*, die häufig auf Telegrafendrähten gedeiht.

#### Gehölzfreie, versalzte Becken

Von Natur aus baumfrei sind die trockenen Becken von Oriental, Libres und Perote, deren Klima als „fresco semiárido“ zu bezeichnen ist, mit einer Jahresmitteltemperatur zwischen 15 und 16° und Niederschlägen unter 400 mm im Kern des Beckens von Oriental und über 400 mm in seinen Randgebieten sowie im Becken von Libres. Die Grenze des Baumwuchses bilden lichte Bestände von *Juniperus deppeana*. In den abflußlosen Becken, die aus dem Grunde ehemaliger Seen hervorgegangen sind, gibt es versalzte Böden mit einer typischen Halophytenvegetation. Sie enthält folgende Arten: *Distichlis spicata*, oft in Reinbeständen auf stark versalzten Böden, *Suaeda nigra* sowie mehr am Rande *Croton dioicus* und *Bouteloua scorpioides*. Der Bereich von Lagunen bleibt hier vegetationsfrei. Trockengefallen, reißt der Boden in Polygo-

nen auf und an der Oberfläche kommt es zu Salzausblühungen. Die folgenden Vegetationstypen, die oberhalb 2700 m auftreten, beschreibt auch H. ERN 1972. Ich nehme hier eine Ordnung nach klimaökologischen Gesichtspunkten vor.

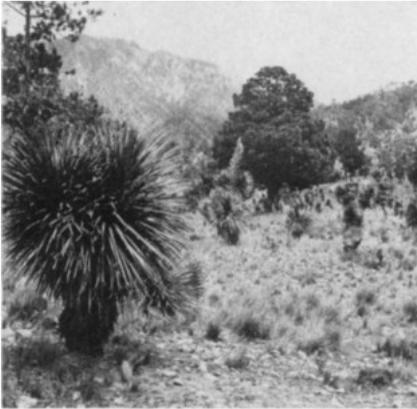
#### Nadelwälder der Hochgebirgsstufe

Nadelwälder in 2700–3200 m, „frio semihúmedo“ bis „subhúmedo“ mit 13–9° Jahresmitteltemperatur bei 1000–1400 mm Niederschlag und mindestens sieben humiden Monaten.

1. Semihumider Kiefern-Mischwald mit *Pinus montezumae*, *P. teocote*, *P. pseudostrobus*, *Alnus firmifolia* und der immergrünen Eiche *Quercus laurina*. Feuchte Bachschluchten sind die Standorte von *Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite* und, seltener, *Cupressus lindleyi*.
2. Subhumider Kiefern-Tannen-Wald mit mesophytischen Kiefern wie *Pinus pseudostrobus* und *Pinus ayacahuite* sowie fast reinen Beständen von *Abies religiosa*; im unteren Teil wachsen, vor allem in Barrancas *Cupressus lindleyi*, *Quercus laurina* und *Alnus* (Photo 7).

Diese Vegetationsstufe ist semi- bzw. subhumid, weil sie sich im Hauptkondensationsniveau der Nebel befindet, die zumeist bei 2700 m aufliegen. Mesophytische Nadelhölzer sind *Pinus pseudostrobus*, *P. ayacahuite* und *Abies religiosa*, wobei an den Ostflanken vor allem der Großvulkane in feuchten Schluchten *Abies religiosa* z. T. durch *P. ayacahuite* ersetzt wird. Der Oyamel“ (*A. religiosa*) reicht von dieser Höhenstufe aus in Bachtälchen tiefer und wird abwärts von *Cupressus lindleyi* abgelöst. Den Unterschied zwischen semihumid an den Ostflanken und subhumid hauptsächlich an den Westflanken der großen Vulkane erklärt H. ERN (1972), in Anlehnung an die von C. TROLL bereits 1941 aus der Nivalzone der ostafrikanischen Großvulkane beschriebene Asymmetrie, aus dem unterschiedlichen Strahlungsgenuß. Damit verbunden ist eine verschieden starke Verdunstung als Folge des Beginns der Ausbildung eines konvektiven Wolkenniveaus in den Vormittagstunden des Tages.

Hochgebirgskiefernwald von 3200–4100 m, in der Klimastufe „helado semihúmedo semilluvioso“ mit 9–5° Jahresmitteltemperatur, 1200–800 mm Niederschlag, wobei dieser mit zunehmender Höhe abnimmt, und sieben humiden Monaten. Er wird von *Pinus hartwegii* und vereinzelter *Abies religiosa* gebildet, deren Standorte vor allem feuchte Schluchten bis 3600 m Höhe sind. Die obere Baumgrenze liegt zwischen 3900 m an der Malinche und 4100 m am Pico de Orizaba; sie wird von *Pinus hartwegii* gebildet. Als einzige Holzpflanzen steigen – normalerweise auf felsigen Standorten – *Juniperus monticola forma orizabensis* und *f. compacta* sowie eine immergrüne Ma-



5



7



6



8

*Photo 5:* Baumförmige monokotyle Schopfbblattgewächse der Gattung *Nolina* (hier *Nolina longifolia*) gemischt mit *Pinus oaxacana* unter den Derrumbadas, wahrscheinlich degradiertes Lee-Kiefernwald am Rande zum Becken von Oriental (Aufnahme Juni 1972)

Treelike monocotyledoneous rosette-leaf plants of the genus *Nolina* (here *Nolina longifolia*) mixed with *Pinus oaxacana*, most likely degraded pine forest on the lee-side of the Derrumbada-mountains near the salt-basin of Oriental

*Photo 6:* Gemischter Eichenwald auf lehmigen Böden südlich des Valsequillo bei 2000 m Höhe, hier mit der liegenden Fächerpalme *Brabea dulcis forma humilis*, die in der Sekundärvegetation am Übergang zu den tropisch-xeromorphen Wäldern des semiariden Bereichs allgemein verbreitet ist (Aufnahme Juni 1972)

Mixed oak-forest on loamy soils about 2000 m above sea-level with the fan-palm *Brabea dulcis forma humilis*, for the secondary vegetation in the zone of transition to the xerophytic tropical deciduous forests of the semiarid region

*Photo 7:* Mesophytischer Höhennadelwald, subhumider Kiefern-Tannen-Wald aus *Abies religiosa* und *Pinus pseudostrobus*, an der Westflanke des Pico de Orizaba bei 3600 m (Aufnahme Sept. 1972)

Subhumid montane coniferous forest of pine and fir (*Pinus pseudostrobus* and *Abies religiosa*) at the westside of the Pico de Orizaba, 3600 m above sea-level

*Photo 8:* Die obere Waldgrenze an den zentralmexikanischen Großvulkanen wird, wie hier am Pico de Orizaba, von *Pinus hartwegii* gebildet. Während in Hohlformen, durch die Kaltluft abzieht, der Wald zurückbleibt, steigen auf dazwischenliegenden felsigen Rücken Einzelbäume höher. Hochgebirgsgrasland vom *Festuca tolucensis-Calamagrostis tolucensis*-Typ (Aufnahme Sept. 1972)

The upper timberline on the volcanoes of the Central Mexican Meseta, here at the Pico de Orizaba, is formed by *Pinus hartwegii*. Above the timberline grassland (zacatonales) of *Festuca tolucensis* and *Calamagrostis tolucensis*. While in hollow forms, through which cold air escapes, forest growth is restrained, individual trees manage to develop freely even on higher rocky outcrops

honie, vermutlich *Mahonia ilicifolia*, noch höher. Eine eigentliche Knieholzstufe fehlt diesem Waldgrenztyp (Photo 8).

Hochgebirgsgrasland vom Typ einer Trockenpuna in der Klimastufe „subnevado semihúmedo“ mit weni-

ger als 800 mm Niederschlag und Jahresmitteltemperaturen unter 5–1°. Es wird von den schmalblättrigen, verhältnismäßig weichen Büschelgräsern einer *Festuca tolucensis-Calamagrostis tolucensis*-Gesellschaft gebildet (Photo 8). Diese reicht abwärts in den vor al-

lem als Brandfolge lichten *Pinus hartwegii*-Wald hinein und wird zumeist oberhalb 4300 m von einer *Festuca livida* – *Arenaria bryoides*-Gesellschaft abgelöst (J. BEAMAN 1965). Bis rund 4500 m bleiben die *Festuca livida* – *Arenaria bryoides*-Bestände ziemlich geschlossen und lösen sich dann in der periglazialen Strukturbodenzone, je nach den edaphischen Gegebenheiten, lückenhaft auf.

#### *Waldverwüstung und notwendige Wiederbewaldung im Interesse der Umweltsanierung*

Alle Wälder des Untersuchungsgebietes unterliegen stark destruktiven Eingriffen des Menschen. Die Karte ist deshalb in großen Teilen eine Karte der potentiellen natürlichen Vegetation, d. h. der Vegetation, die sich selbst überlassen, unter den derzeitigen klimatischen Bedingungen auf den entsprechenden Standorten einstellen würde. Bei den Böden ist örtlich starke Erosion eingetreten, die den lockeren Tepetatuff z. T. bis auf den Verfestigungshorizont oder das darunter befindliche anstehende Gestein abgetragen hat. Sehr wahrscheinlich sind deshalb nicht in allen Fällen die relativ stabilen Schlußglieder der Sukzessionsentwicklung dargestellt, sondern zum Teil anthropogen beeinflusste Zwischenformationen auf Standorten degradierter Wälder. Dies gilt wahrscheinlich z. T. für die baumförmigen monokotylen Schopfbblattformationen, an denen die Gattungen *Nolina*, *Dasyliion* und *Yucca* beteiligt sind, sowie für einen Teil der Dornstrauch-Savanne. Die reale Vegetationsdecke weist trotz aller Veränderungen durch den Menschen und seine Weidetiere noch naturnahe Reste auf, von denen bei der Untersuchung ausgegangen werden konnte. Die Wiederherstellung mit den Standortbedingungen im Einklang stehender Wälder im Interesse eines ausgeglicheneren Wasserhaushaltes, des Schutzes der Böden vor weiterer Erosion, der Luftreinigung und Sauerstofferneuerung wird eine der großen Zukunftsaufgaben des sich bevölkerungsmäßig und industriell stürmisch entwickelnden Mexikos sein.

#### *Literatur*

- BADER, FRIDO, J. WALTER: Die Verbreitung borealer und subantarktischer Holzgewächse in den Gebirgen des Tropengürtels. Eine arealgeographische Studie in dreidimensionaler Sicht. = Nova Acta Leopoldina, Neue Folge Band 23, Nr. 148, Leipzig 1960, 544 S.
- BEAMAN, JOHN H.: The Timberlines of Iztaccíhuatl and Popocatepetl, Mexico. In: Ecology 43, 1962, S. 377–385.
- : A preliminary ecological study of the alpine flora of Popocatepetl and Iztaccíhuatl. In: Boletín de la Sociedad Botánica de México 29, 1964, S. 63–75.
- ERN, HARTMUT: Vegetationsstudien im östlichen Zentralmexiko unter besonderer Berücksichtigung der Gebirgswälder im Gebiet des Puebla-Tlaxcala-Projektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft. (Vervielfältigtes Manuskript für die Mitarbeiter des Mexiko-Projektes.) 1972 (a), 123 S.
- : Estudio de la vegetación en la parte oriental de México central. En especial de los bosques de las montañas en el área del Proyecto Puebla-Tlaxcala. In: Comunicaciones 6/1972 (b), S. 1–6.
- : Repartición, ecología e importancia económica de los bosques de coníferas en los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. In: Comunicaciones 7/1973, S. 21–23.
- GOMEZ POMPA, ARTURO: Estudios botánicos en la región de Misantla, Veracruz. = Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México, D. F. 1966, 173 S.
- HOLTUM, R. E.: Flora Malesiana, S. II Pteridophyta, part. 2. Netherlands. 1963.
- KLAUS, DIETER: Zusammenhänge zwischen Wetterlagenhäufigkeit und Niederschlagsverteilung im zentralmexikanischen Hochland, dargestellt am Beispiel des Hochbeckens von Puebla. In: Erdkunde. XXV, 1971, 2. S. 81–90.
- KÜCHLER, A. W.: Manual to accompany the map Potential Natural Vegetation of the conterminous United States. = American Geographical Society special publication No. 36. New York 1964.
- LAUER, WILHELM: Klimatische und pflanzengeographische Grundzüge Zentralamerikas. In: Erdkunde. XIII, 1959, 4. S. 344–354.
- : The Altitudinal Belts of the Vegetation in the Central Mexican Highland and their Climatic Conditions. In: Arctic and Alpine Research. Boulder Colorado 1973 (a). (Im Druck).
- : Problemas climato-ecológicos de la Vegetación de la región montañosa oriental Mexicana. In: Comunicaciones 7/1973 (b), S. 37–44.
- LAUER, WILHELM und STIEHL, ECKART: La clasificación del clima en la región Puebla-Tlaxcala. Mapa preliminar a escala 1: 500 000. In: Comunicaciones 7/1973, S. 31–35.
- MARTÍNEZ, MAXIMINO: Los Pinos Mexicanos. Ediciones Botas. México D. F. 1948, 368 S.
- : Los Encinos de México y Centroamerica. Ab III, 1953: Los Encinos de México. Serie von Aufsätzen, die z. T. posthum veröffentlicht wurde. In: Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 1951–1966.
- : Las Pinaceas Mexicanas. Tercera Edición. México D. F. 1963: Universidad Nacional Autónoma de México. 400 S.
- MIRANDA, FAUSTINO: Estudios sobre la vegetación de México. III. In: Anales del Instituto de Biología. To. XIII, 1942, 2. S. 417–450.
- : Estudios sobre la vegetación de México. V. Rasgos de la vegetación en la cuenca del río de las Balsas. In: Revista de la Sociedad Mexicana de historia natural. To. VIII, 1947, 1–4. S. 95–114.
- RZEDOWSKI, JERZY: Nota sobre el bosque mesófilo de montaña en el Valle de México. In: Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México. 18, 1970. S. 91–106.
- RZEDOWSKI, JERZY, GUZMAN, G., HERNANDEZ CORZO, A. Y MUÑIZ, R.: Cartografía de los principales tipos de Vegetación de la mitad septentrional del Valle de México. In: Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México 13, 1964, S. 31–57.

- SCHMITHÜSEN, JOSEF: Allgemeine Vegetationsgeographie. 3. Auflage Berlin 1968.
- SMITH, JR. EARLE C.: Flora, Tehuacán Valley. In: Fieldiana: Botany. Vol. 31, Nr. 4, 1965. P. 105–143.
- TICHY, FRANZ: Das Hochbecken von Puebla-Tlaxcala und seine Umgebung. Landeskundliche Einführung in das zentrale Arbeitsgebiet. In: Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft I, 1968. S. 6–24.
- TROLL, CARL: Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. Bericht d. 23. Hauptversammlung d. Ges. v. Freunden u. Förderern d. Rhein. Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn. Bonn 1941. S. 49–96. Unveränderter Abdruck in Bonn. Mittl. Heft 21, 1941. 50 S.
- Nachdruck in: Erdkundliches Wissen. Heft 11, 1966. S. 95–126.
- : Forschungen in Zentralmexiko 1954. Die Stellung des Landes im dreidimensionalen Landschaftsaufbau der Erde. In: Deutscher Geographentag Hamburg 1955. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen. S. 191–213.
- : Die Physiognomie der Gewächse als Ausdruck der ökologischen Lebensbedingungen. In: Deutscher Geographentag Berlin 1959, Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen. S. 97–122. Nachdruck in: Erdkundliches Wissen. Heft 11, 1966. S. 231–264.
- WALTER, HEINRICH und WALTER, ERNA: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz, das Wesen der Pflanzengesellschaften. In: Ber. dt. bot. Ges. 66, 1953. S. 227–235.

## ERLÄUTERUNGEN ZUR VEGETATIONSKARTE 1:200 000 DES PUEBLA-TLAXCALA-GEBIETES

Beilage XI

HANS-JÜRGEN KLINK, WILHELM LAUER und HARTMUT ERN

In der Vegetationskarte des Puebla-Tlaxcala-Gebietes sind Forschungsergebnisse von H. ERN, H.-J. KLINK und W. LAUER verarbeitet. Während H. ERN die Höhenwälder oberhalb 2500 m untersucht und die Bedingungen an der oberen Waldgrenze studiert hat, hat H.-J. KLINK eine systematisch-flächendeckende Vegetationsaufnahme unterhalb der 2500 m Höhenlinie durchgeführt und dabei den Übergang in die warmtropischen semiariden Gebiete im Süden, den Abfall zur Balsassenke und zum Papaloanbecken, erfaßt. Im Ostteil des Untersuchungsgebietes haben H.-J. KLINK und W. LAUER zusammen an der kartographischen Aufnahme der Vegetation gearbeitet. Das konzeptuelle Grundgerüst dieser Karte beruht auf einer Übersichtskarte der physiognomisch-ökologischen Einheiten der Vegetation des gesamten Ostabfalls der Meseta Central im Maßstab 1:1 Mill. (s. Beilage X in diesem Heft). Sie kann ihrerseits als ökologisches Pendant zu dem Konzept der ombrothermischen Klimatypen in dreidimensionaler Anordnung gelten, an deren Entwicklung vor allem W. LAUER gearbeitet hat.

Alle drei Autoren sind zunächst von der Physiognomie der Pflanzendecke ausgegangen, wobei die Erfassung der Holzgewächse und deren anteiliges Verhältnis in den Wäldern im Vordergrund stand. Neben dem Klima, von dem die nachhaltigsten Einflüsse auf die Gliederung der Vegetation ausgehen, sind auch die Auswirkungen der wechselnden Bodenverhältnisse berücksichtigt. Bodenkartierungen haben für das zentrale Becken von Puebla – vom Südrand des Blocks von Tlaxcala bis zum Stadtgebiet von Puebla – H. AEPPLI und E. SCHOENHALS<sup>1)</sup> und für die Sierra

Nevada W. KNEIB, G. MIEHLICH und H. W. ZOETTL<sup>2)</sup> vorgelegt. Insbesondere die bodentypologische Höhenzonierung an der Sierra Nevada, die von den drei zuletzt genannten Autoren herausgearbeitet wurde, läßt Zusammenhänge mit der Vegetationsgliederung erkennen.

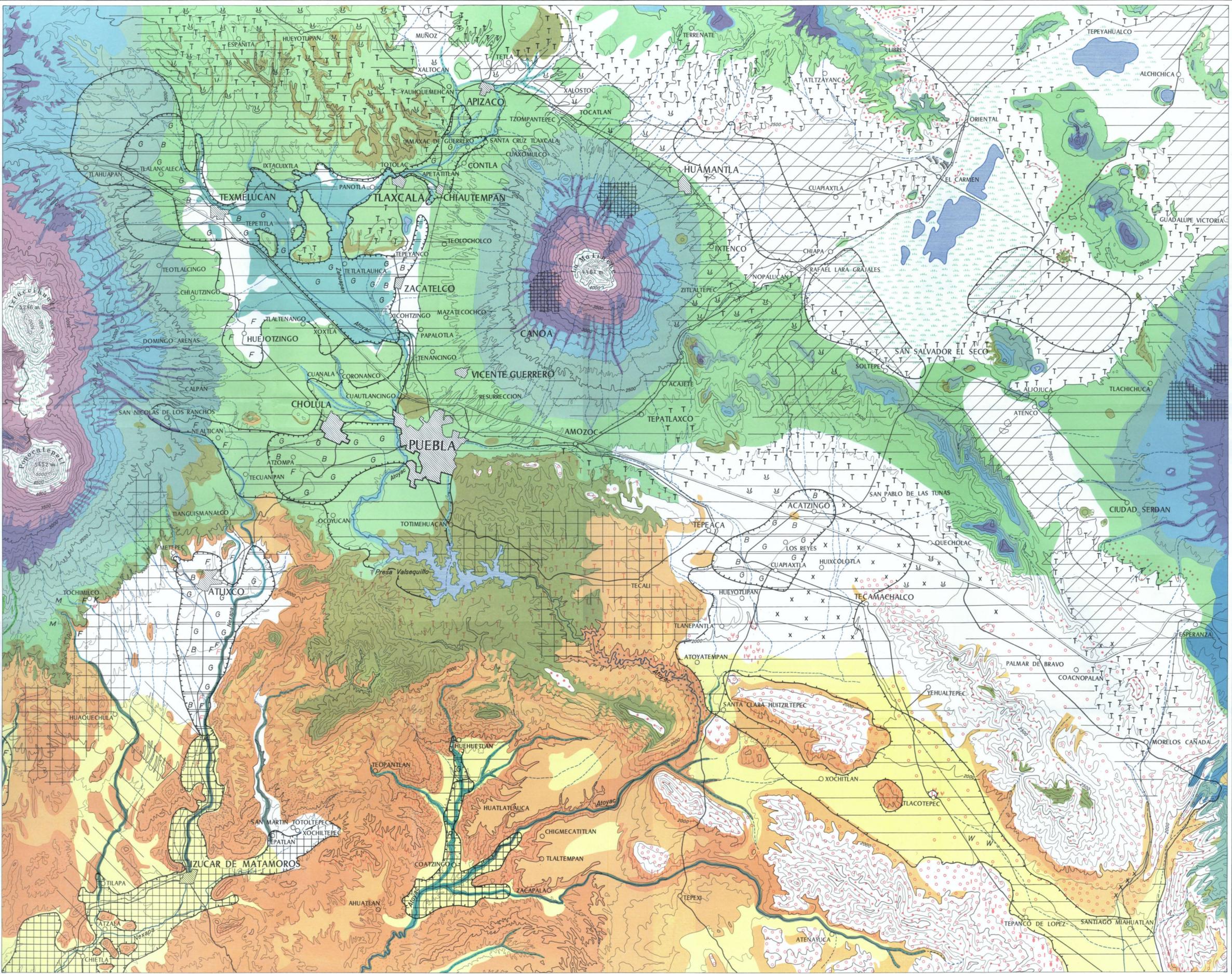
Das mit der Vegetationskarte verbundene Anliegen ist im strengen Sinne vegetationsgeographisch, d. h. es sollen Beziehungen zwischen den Pflanzen bzw. Pflanzengemeinschaften und ihrer räumlichen Umwelt aufgedeckt werden. Damit wollen die Autoren einen Beitrag zur möglichst vielseitigen geökologischen Erforschung dieses Raumes leisten.

Das Arbeitsgebiet ist von Natur aus ein Waldland, das unter den Bedingungen eines randtropischen Höhenklimas steht (s. Aufsatz W. LAUER in diesem Heft). Von der Bewaldung ausgenommen sind lediglich die trockenen, versalzten Becken im Ostteil des Kartenausschnittes und – in gewisser Weise – der trockene Matorral mit monokotylen Schopfbblattbäumen und Rosettenpflanzen sowie die Kakteen-Dornbusch-Formation im warmtropischen Süden, vor allem im Tehuacán-Tal und im daran angeschlossenen Papaloapanbecken.

Infolge der seit Jahrtausenden andauernden Waldzerstörung und der infolgedessen eingetretenen, örtlich stark flächenwirksamen Erosion würden sich möglicherweise nicht alle Standorte wiederbewalden. Besonders stark ist die Bodendegradation an den Sierras der semiariden Gebiete, beispielsweise dem Serrijón de

<sup>1)</sup> AEPPLI, H. y E. SCHOENHALS: Los suelos en la cuenca de Puebla-Tlaxcala. In: Comunicaciones 7/1973. S. 15–20.

<sup>2)</sup> KNEIB, W., G. MIEHLICH y H. W. ZOETTL: Clasificación Regional de los Suelos de la Sierra Nevada de México. In: Comunicaciones 7/1973. S. 11–13.



**Klimatisch bedingte Typen climatic types**

- Tropischer Berg-Fallaubwald, semiarid (*Bursera* div. spec., *Ceiba parvifolia* div. Anacardiaceen und holzige Leguminosen), nicht unterschieden tropical montane deciduous forest, semiarid
- Tropischer Berg-Fallaubwald, *Conostictis multiflora* - Ausbildung tropical montane deciduous forest type of *Conostictis multiflora*
- Tropischer Berg-Fallaubwald, *Bursera* - Ausbildung tropical montane deciduous forest type of *Bursera* div. spec.
- Tropischer Berg-Fallaubwald, reich an Anacardiaceen tropical montane deciduous forest with dominant *Anacardiaceae*
- Tropischer Berg-Fallaubwald mit hochwüchsigen Kakteen (Ausbildung mit *Neobuzbaumia mescalaensis* und *Lemaireocereus meberi*) tropical montane deciduous forest with cactus type of *Neobuzbaumia mescalaensis*, *Lemaireocereus meberi*
- Hochwüchsige Säulenkakteen (*Neobuzbaumia mescalaensis*, *Neobuzbaumia tepezapote*, *Cephalocereus hoppenstedtii*, *Lemaireocereus hollianus*) columnar cactus
- Hochwüchsige Kandelaberkakteen (*Lemaireocereus meberi*, *L. durmortieri*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Echinocactus chihuahuensis*, *Potiskia chihuahuensis*) candelabra cactus
- Trockener Matorral mit monokotylen Schopfbüchsen und sukkulente Rosettenpflanzen (*Beaucarnea gracilis*, *Yucca periculosa*, *Fouquieria formosa* - Ass.) desert matorral with rosette plants
- Montaner Matorral aus Dorngehölzen (*Acacia pennata*, *A. cymbispina*, *A. cymbispinata*, *A. farnesiana*; auf tiefergründigen Böden *Psithocolum div. spec.*, *Eysenhardtia spec.*) montane matorral

**Edaphisch bedingte Typen edaphic types**

- Mezquital (*Prosopis juliflora*) mezquital
- Ficus-Salix-Taxodium mucronatum* - Galeriewald gallery-forest of *Ficus-Salix-Taxodium mucronatum*
- Astianthus viminalis* - Galeriewald gallery-forest of *Astianthus viminalis*
- Monokotyle Schopfbüchsen monokotyledoneous rosette leaf trees *Beaucarnea gracilis*
- Yucca periculosa*, *Y. filifera*, *Y. elephantipes*, *Y. carnerosana*, *Y. spec.*, *Dasyliiron*

**Tierra fria I (1800-2700 m)**

**Klimatisch bedingte Typen climatic types**

- Eichen-Kiefer-Nebalwald (*Pinus patula*, *P. ayacahuite*, *P. temafolia*, *Abies religiosa*) mit immergrünen Eichen und tropisch-montanen bzw. subantarktischen Arten im Unterwuchs (*Acacia*, *Befaria*, *Buddleia*, *Clethra*, *Fuchsia*, *Gaultheria*, *Gunnera*, *Perrottetia*, *Podocarpus*), epiphytenreich montane oak-pine-cloudforest with tropical high mountain species, abundant with epiphytes
- Artenreicher mesophytischer Bergwald mesophytic mountain forest with numerous species
- Kiefern-Eichen-Mischwald, semihumid (*Pinus montezumae*, *P. teocote*, *P. pseudostrobus* im höheren Bereich und immergrüne Eichen) pine-oak-forest (semihumid)
- Kiefern-Eichen-Mischwald, semiarid (*Pinus oaxacana*, *P. rudis*, *P. cembroides*, laubwerfende Eichen *Juniperus deppiana*, *Arbutus* div. spec.) pine-oak-forest (semiarid)
- Lichte *Juniperus deppiana* - Gehölze *Juniperus deppiana* stands
- Monokotyle Schopfbüchsen der Gattungen *Nolina* spp. und *Dasyliiron* spp. monokotyledoneous rosette leaf trees (*Nolina*, *Dasyliiron* spp.)
- Eichen-Mischwälder trockener Standorte oak mixed forest on dry sites
- Juniperus flaccida* *Juniperus flaccida* stands

**Edaphisch bedingte Typen edaphic types**

- Fragaria-Salix-Alnus arguta* - Auewald riverine forest of *Fragaria-Salix-Alnus arguta*
- Baumfreie Halophytenvegetation treeless halophytic vegetation

**Tierra fria II (2700-3200 m)**

**Klimatisch bedingte Typen climatic types**

- Kiefern-Tannen-Wald, subhumid (*Abies religiosa*, *Pinus pseudostrobus*, *P. ayacahuite* und *Cupressus lindleyi* im unteren Bereich) mit *Quercus laurina* und *Alnus firmifolia* subhumid montane coniferous forest with pine and fir
- Kiefern-Mischwald, semihumid (*Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae*, *P. teocote*, *P. michoacana*) mit *Quercus laurina* und *Alnus firmifolia* semihumid montane pine forest with *Quercus laurina* and *Alnus firmifolia*

**Edaphisch bedingte Typen edaphic types**

- Kiefern-Tannen-Wald in feuchten Schluchten (*Pinus ayacahuite*, *Abies religiosa*) montane coniferous forest with pine and fir in humid ravines

**Tierra helada (3200-4800 m)**

**Klimatisch bedingte Typen climatic types**

- Hochgebirgs-Kiefernwald aus *Pinus hartwegii* (3200-4100m), im unteren Teil mit *Abies religiosa* und *Juniperus monosperma* forms *ortizobensis* und *F. compacta* an der oberen Waldgrenze upper montane pine forest of *Pinus hartwegii*
- Hochgebirgs-Grasland "Zacatonales" (4000-4800m): bis 4300m *Festuca tolucensis* - *Calamagrostis julicarpa* - Ass., darüber bis 4500m *Festuca loidia* - *Arenaria brodiaei* - Ass. upper montane grassland, "Zacatonales"
- Bereich periglazialer Formen und ewigen Schnees region of periglacial phenomena and perpetual snow

**Wanderdünen mit *Croton dioicus*, *Mirabilis jalapa* u.a. Pionierpflanzen active dunes with *Croton dioicus*, *Mirabilis jalapa* and other pioneer plants**

**Teilweise künstliche Bewässerung (neben den üblichen hohen Anteil von Futterpflanzen, bes. Luzerne) sporadic irrigation (besides the usual plants much alfalfa)**

**Überwiegend künstliche Bewässerung (mehrere Ernten Mais, Bohnen, Futterpflanzen und Gemüse) intensive irrigation, multiple harvests (i.e. maize, beans, forage plants, vegetables)**

**Mais, Bohnen (temporal), in Siedlungsnähe Pulque-Agaven (*Agave atrovirens*), lokale Bewässerung pulque-agaves around the settlements, local irrigation maize, beans**

**Mais, hoher Gerstenanteil, Hafer und Weizen, in Siedlungsnähe Pulque-Agaven maize, much barley, oats and wheat; pulque-agaves around the settlements**

**Überwiegend Mais, Bohnen, vereinzelt Winterweizen dominant maize, beans, some autumn-snow wheat**

**Mais, hoher Anteil von Hirse und Erdnuss, lokale Bewässerung maize, much millet and peanuts, local irrigation**

**Mais, Bohnen, vereinzelt Gerste, Hafer und Weizen maize, beans, some barley, oats and wheat**

**Überwiegend Zuckerrohr, lokal Reis *R* dominant sugar-cane, local rice**

**Kartoffeln, am Pico de Orizaba bis 3600m potatoes, on the Pico de Orizaba up to 3600m**

**Schinus molle, stark verbreitet *Schinus molle* very frequent**

**Ausgedehnte Pulque-Agaven-Anpflanzungen plantations of pulque-agaves**

**Intensiver Gemüse- und Blumenbau auf künstlicher Bewässerungsgrundlage intensive cultivation of vegetables and flowers based on irrigation**

**B Blumen flowers**

**G Gemüse vegetables**

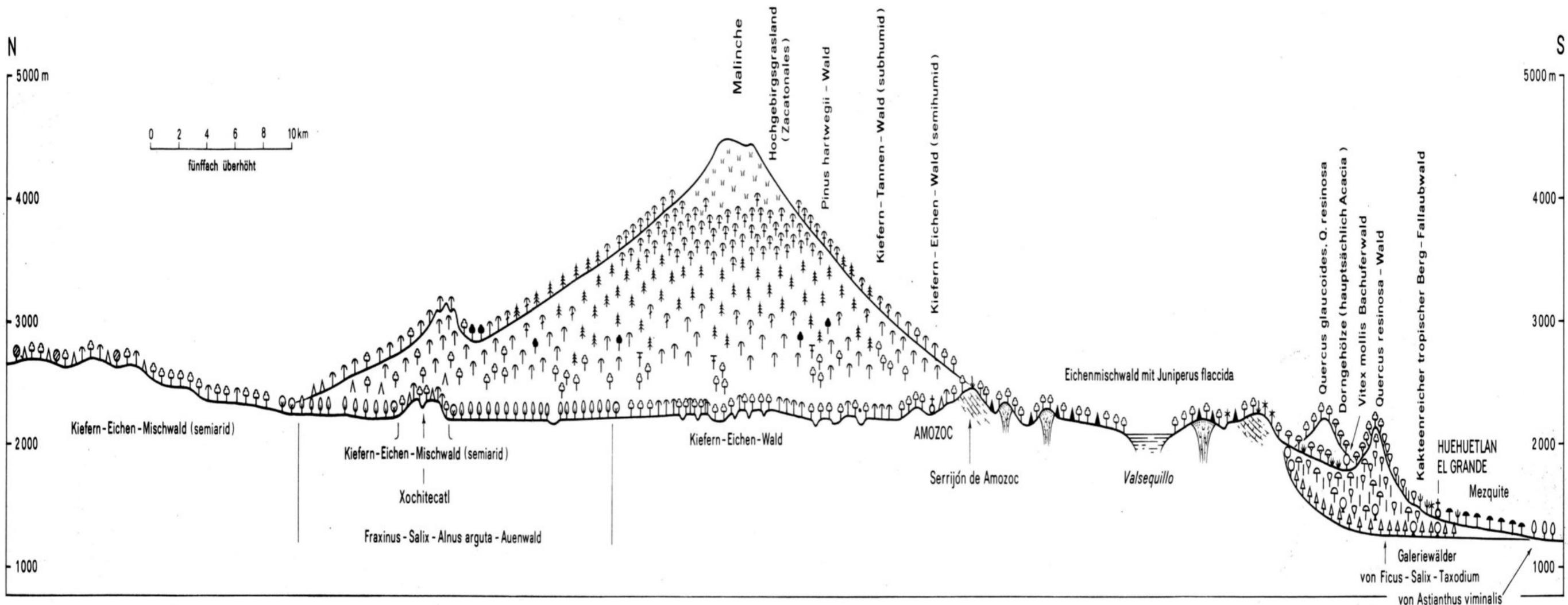
**F Obst: Apfel bei Huejotzingo, Mirabellen, Agacates, *Persia americana*, *Chirimoya*, *Annona cherimola*, Limonen fruit-trees which can bear sporadic frosts**

**F Tropisches Obst: Mango (*Mangifera indica*), Zapote (*Calocarpum sapota*), Mamey (*Mammea americana*), Zitrusfrüchte, Papaya (*Carica papaya*), Bananen, Opuntien (*Opuntia megacantha*) in Gehöftnähe tropical fruit-trees**

**K Kaffee coffee-plantations**

**W Wein vine M Kamille camomile**

Vegetationsprofil durch das Becken von Huehuetlán, die Cordillera Tentzo, den Serrijón de Amozoc, das Hochtal von Puebla und den Block von Tlaxcala. Im Hintergrund die Malinche



- |                             |   |  |                                      |                              |   |   |   |                               |
|-----------------------------|---|--|--------------------------------------|------------------------------|---|---|---|-------------------------------|
| ♁ Laubwerfende Eichen       | ♁ Immergrüne Eichen ( <i>Quercus laurina</i> u. a.) | ↑ <i>Pinus leiophylla</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. teocote</i> , <i>P. cembroides</i> , <i>P. oaxacana</i> | ♁ <i>Pinus pseudostrobus</i>         | ♁ <i>Pinus hartwegii</i>     | ♁ <i>Abies religiosa</i>  | ♁ <i>Cupressus lindleyi</i>   | ♁ <i>Juniperus deppeana</i>   |                               |
| ♁ <i>Juniperus flaccida</i> | ♁ <i>Arbutus glandulosa</i>                         | ♁ <i>Fraxinus uhdei</i> u. a.  | ♁ <i>Alnus arguta</i> , <i>Salix</i> | ♁ Agave                      | ♁ Baumförmige Schopfbblattgewächse ( <i>Yucca</i> , <i>Dasyliiron</i> ) | ♁ Holzige Leguminosen: Mimosaceen ( <i>Acacia cymbispinata</i> u. a.) | ♁ <i>Bursera div. spec.</i> , <i>Ceiba parvifolia</i> , div. <i>Anacardiaceae</i> u. a. |                               |
| ♁ <i>Vitex mollis</i>       | ♁ <i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>                  | ♁ <i>Lemaireocereus weberi</i>   | ♁ <i>Prosopis juliflora</i>          | ♁ <i>Taxodium mucronatum</i> | ♁ <i>Ficus</i>  | ♁ <i>Astianthus viminalis</i>   | ♁ <i>Brahea dulcis</i>  | ♁ <i>Conzattia multiflora</i> |