

Kämmer

Engelmann

SCRIPTA GEOBOTANICA

Herausgegeben vom Lehrstuhl für Geobotanik der Universität Göttingen

Band 7

Klima und Vegetation auf Tenerife, besonders im Hinblick auf den Nebelniederschlag

von Franco Kämmer

aus dem Systematisch-Geobotanischen Institut
der Universität Göttingen

1974

Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort	7
1. Einleitung	9
2. Geographische Lage, Geologie und Relief	12
3. Floristischer Überblick	12
3.1 Endemismus und Lebensformen	14
3.2 Areale einiger Bäume und Sträucher auf Tenerife	16
4. Vegetation der Insel Tenerife	16
4.1 Lorbeerwälder im weitesten Sinne	16
4.1.1 Erica scoparia-Buschwälder	17
4.1.2 Epiphytenreiche Lorbeerwälder	17
4.1.3 Epiphytenärmere, „normale“ Lorbeerwälder	18
4.1.4 Strauchreiche Lorbeer-Felswälder	18
4.1.5 Bestände im trockenen Randbereich der Lorbeerwälder	19
4.2 Pinus canariensis-Wälder	19
4.2.1 Pinus canariensis-Lorbeermischwälder	19
4.2.2 Reine Pinus canariensis-Wälder auf trockenen Standorten	19
4.2.3 Pinus canariensis-Felswälder	20
4.3 Waldfreie Gebiete	20
4.3.1 Hochgebirgs-Gebüsch	20
4.3.2 Trockengebüsch unterhalb der Waldstufe	20
4.4 Bemerkungen zur jahreszeitlichen Entwicklung der Vegetation	20
4.5 Einfluß des Menschen auf die Vegetation	21
4.6 Die Umweltfaktoren im Überblick	22
5. Makroklimatischer Überblick	22
5.1 Wassertypen	23
5.2 Einfluß des Atlantischen Ozeans	23
5.3 Luftschichtung im Bereich Makaronesiens	24
5.4 Klimadiagramme von Tenerife	33
6. Strahlungsklima	33
6.1 Einfluß von Sonnenstand, Tageslänge und Relief auf das Strahlungsklima	33
6.2 Einfluß der Bewölkung auf das Strahlungsklima	39
6.3 Einfluß der Vegetation auf das Strahlungsklima	39
7. Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Sättigungsdefizit und Evaporation	39
7.1 Mesoklimatische Untersuchungen	43
7.2 Mikroklimatische Untersuchungen	48
8. Bedeutung des Nebelniederschlags im Vergleich zu den übrigen Niederschlagsarten	48
8.1 Faktoren, die den Nebelniederschlag beeinflussen	51
8.2 Jahreszeitliche und räumliche Verteilung des Nebelniederschlags	51
8.2.1 Nebelniederschlagsmessungen nach Grunow	61
8.2.2 Niederschlagsmessungen in Pflanzenbeständen	70
8.2.3 Ergänzende Angaben zum Wasserfaktor	70
8.3 Nebelniederschlag und Vegetation auf Tenerife	71
8.3.1 Auswirkungen auf die Waldvegetation	72
8.3.2 Epiphytenbesatz	72
8.4 Nebelniederschlag auf den übrigen Kanarischen Inseln und auf Madeira	75
9. Zusammenfassung, Summary, Resumen	77
10. Literaturverzeichnis	77

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand am Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität Göttingen. Die zur Bearbeitung des Themas notwendigen Untersuchungen auf den Kanarischen Inseln wurden in der Zeit vom 3. - 24.3.1969, 2.6. - 24.9.1970 und 29.10.1970 - 29.4.1972 ausgeführt. Die Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit der Inselbewohner haben mir die Arbeit wesentlich erleichtert. Herrn Professor Dr. Heinz Ellenberg und den Mitarbeitern seines Institutes danke ich herzlich für die großzügige Förderung meines Vorhabens. Die finanziellen Mittel zu seiner Durchführung stellte die Deutsche Forschungsgemeinschaft zur Verfügung.

1. Einleitung

Aus verschiedenen Gebieten der Erde ist bekannt (KERFOOT 1968), daß sich unter bestimmten Bedingungen ein Teil der vom Wind bewegten Wassertropfen, aus denen die Wolken bestehen, an Hindernissen wie Bäumen oder Sträuchern niederschlägt. Dieser als Nebelniederschlag bezeichnete Erscheinung wurde auf Grund bisher vorliegender Beobachtungen und Messungen eine wesentliche Bedeutung für die Wälder auf den Kanaren zugesprochen. Die Wasserversorgung im einzelnen zu studieren und durch Meßdaten zu belegen, war das Ziel der Untersuchungen, über die hier berichtet wird. Es stellte sich jedoch bald nach Beginn der Geländearbeiten heraus, daß die bisherigen Ansichten über die jahreszeitliche und räumliche Verteilung des Nebelniederschlags auf Tenerife und über seine ökologische Bedeutung für die Vegetation, insbesondere für die Lorbeerwälder, größtenteils nicht zutreffen.

In welcher Weise der Nebelniederschlag die Lebensbedingungen der kanarischen Wälder beeinflusst, wird beim Vergleich der ökologisch wichtigen Faktoren deutlich. Aus diesem Grund werden die Untersuchungsergebnisse zum Einfluß des Nebelniederschlags auf die Vegetation der Insel Tenerife im Rahmen einer umfassenderen ökologischen und klimatologischen Beschreibung dieser Insel dargestellt. Demgegenüber stehen floristische und vegetationskundliche Angaben zurück, da sie bereits zahlreich vorliegen (KAMMER 1972, SUNDBING 1972 und 1973, VOGGENREITER 1974).

2. Geographische Lage, Geologie und Relief

Als Makaronesien bezeichnet man die folgenden fünf im Atlantischen Ozean gelegenen Inselgruppen: die Azoren, den Madeira-Archipel, die Ilhas Selvagens, die Kanarischen und die Kapverdischen Inseln. Eine derartige Verwendung des Wortes Makaronesien in dieser Arbeit wird mehr von geographischen als von geobotanischen Gesichtspunkten bestimmt. Die Einbeziehung der Kapverdischen Inseln und der Ausschluss einiger nordwestafrikanischer und südwesteuropäischer Gebiete schränken die geobotanische Brauchbarkeit des Begriffs ein.

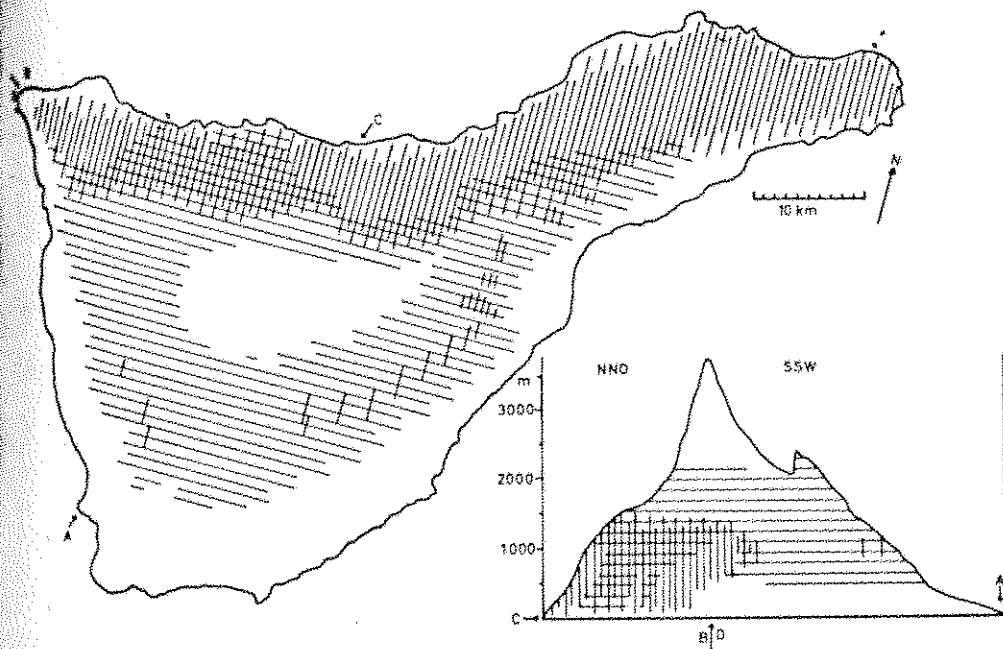


Abb. 2: Potentiell natürliche Vegetation von Tenerife.
 Senkrechte Linien: Lorbeerwälder im weitesten Sinne.
 Waagerechte Linien: *Pinus canariensis*-Wälder.
 Weiß: baumarm oder -frei.

Der Kanarische Archipel erstreckt sich etwa in westöstlicher Richtung und besteht aus den sieben großen Inseln El Hierro, La Palma, La Gomera, Tenerife (deutsch: Teneriffa), Gran Canaria, Fuerteventura und Lanzarote sowie aus vier kleinen Inseln und mehreren Eilanden. Der nördlichste Punkt der Kanarischen Inseln liegt zwischen $29^{\circ}24'$ und $29^{\circ}25'$, der südlichste zwischen $27^{\circ}38'$ und $27^{\circ}39'$, der westlichste zwischen $18^{\circ}09'$ und $18^{\circ}10'$ und der östlichste zwischen $13^{\circ}19'$ und $13^{\circ}20'$. Diese Lage vor der nordwestafrikanischen Küste in der Nähe des nördlichen Wendekreises ist in zweifacher Hinsicht von geobotanischer Bedeutung: Aus der geographischen Lage ergibt sich das Klima. Die geographische Lage sowie geologische Veränderungen und Meeresspiegelschwankungen seit der Entstehung des Archipels bestimmten die Besiedlungsgeschichte der Inseln mit Lebewesen. In diesem Zusammenhang ist wichtig, daß sich an der afrikanischen Küste über 1000 m hohe Berge erst in größerer Entfernung von den Kanaren im südwestlichen Antiatlás bei Sidi Ifni finden, während gegenüber von den Kanarischen Inseln die niedrige Spanische Sahara liegt.

Über die frühestens in der Kreide beginnende, teilweise oder ausschließlich vulkanische Entstehung des Archipels ist nur wenig bekannt, und es ist schwierig, zwischen Vermutetem und Nachgewiesenem zu unterscheiden. Folgende geologische Veränderungen mit Bedeutung für die Besiedlungsgeschichte des Archipels sind denkbar: Im Zusammenhang mit der Förderung vulkanischen Materials, der Abtragung von Landoberflächen und Küsten, Hebungen, Senkungen und Meeresspiegelschwankungen könnten sich die Zahl der Inseln sowie ihre Abstände zueinander und zum afrikanischen Kontinent verändert haben. Möglicherweise sind die im Umkreis der Kanaren nachgewiesenen untermeerischen Kuppen in diesem Sinne zu deuten. Für Teile des Archipels läßt sich die Existenz temporärer Insel- und Landbrücken in früheren Zeiten nicht ausschließen. Auf einzelnen Inseln haben die vulkanische Aktivität und die sie gelegentlich begleitenden Erdbeben bis zur Gegenwart angehalten, so daß ein Teil der formenden geologischen Kräfte beobachtbar geblieben ist.

Die geologische und geomorphologische Geschichte des Archipels ist sehr kompliziert. Die Inseln wurden einerseits durch den Entstehungsprozeß und durch Hebungen, Senkungen und Explosionen verändert. Andererseits boten diese geologisch nur grob vorbestimmten Gestalten der Inseln der Abtragung verschiedenartige Bedingungen durch Unterschiede in der Beschaffenheit der Inseloberflächen. Die Vielfalt der bisher entstandenen Gesteine wird noch durch Unterschiede ihres Erhaltungszustandes erhöht, so daß von vornherein auf verschiedenen Inseln oder Inselteilen voneinander abweichende Lebensbedingungen herrschten.

Das Relief der Kanarischen Inseln ist für die Flora und Vegetation von entscheidender Bedeutung, weil es die innerhalb der makroklimatischen Grenzen möglichen Meso- und Mikroklimata verursacht und als von Lebewesen besiedelte Landoberfläche die edaphischen Standortfaktoren mitbestimmt. Eine Unterscheidung zwischen Normal- und Sonderstandorten ist auf den Kanaren wegen der geringen Vergleichbarkeit der Standorte nur schwer durchführbar.

Die folgende Darstellung beschränkt sich im wesentlichen auf Tenerife, die größte und höchste Insel des Archipels. Die Wasserscheide, die diese Insel etwa in eine Nord- und Südseite teilt, erstreckt sich vom Anaga-Gebirge (1024 m) im Osten über den Pico de Teide (3718 m) und die Montaña de Guajara (2717 m) bis zum Teno-Gebirge (1348 m) im Westen (Abb. 1). Die Verschiedenheit des Reliefs der einzelnen Inselteile ist beträchtlich und läßt kaum verallgemeinernde Aussagen zu. Große Gebiete Tenerifes sind geomorphologisch reich gegliedert, insbesondere durch Felshänge, Steilwände und Barrancos, wie auf den Kanarischen Inseln meist schluchtartige Talformen genannt werden, die durch Wassererosion entstanden sind. Ähnlich wie in anderen gebirgigen Gegenden der Erde ist die von Pterido- und Spermatophyten tatsächlich besiedelte Fläche der Insel größer, als man nach ihrer Grundfläche vermutet, vor allem wegen der spalten- und nischenreichen Verwitterungsformen der vulkanischen Gesteine.

Die ältesten anstehenden Gesteine, die basaltisch oder pyroklastisch sind, befinden sich auf Tenerife vor allem im Anaga- und Teno-Gebirge, im Umkreis des Güimar-Tals, in der östlichen Begrenzung des Grotava-Tals und im Süd-südwesten der Insel. Es kommen in fast allen klimatisch voneinander verschiedenen Inselteilen neben jüngeren auch ältere Gesteine vor, was ökologisch und florengeschichtlich von Bedeutung ist. Die genannten Gebiete sind selbst für kanarische Verhältnisse auffallend stark zertalt, so daß die Vielfalt der Standorte hier besonders groß ist (Abb. 1). Wenn man nach mehrjährigem Aufenthalt auf den Kanarischen Inseln über Madeira nach Europa zurückreist, wird einem durch den unvermittelten landschaftlichen Gegensatz nachdrücklich bewußt, welche entscheidende ökologische Rolle die kleinräumige Verschiedenheit des Reliefs auf den makaronesischen Inseln spielt, insbesondere im Hinblick auf die räumliche Verteilung des Nebelniederschlags, die auf Zusammenhänge zwischen Relief, Wind und Bewölkung zurückgeht.

3. Floristischer Überblick

3.1 Endemismus und Lebensformen

Über die Flora der Kanaren gibt es trotz umfangreicher Vorarbeiten noch keine zusammenfassende neuere Darstellung, die als zuverlässige Grundlage für geobotanische Arbeiten dienen könnte. Das Fehlen eines Florinwerkes sowie die taxonomische und nomenklatorische Verwirrung haben sich auch auf die Erforschung von Vegetation und Ökosystemen nachteilig ausgewirkt. Hinweise auf floristische Literatur sowie neuere Beiträge finden sich vor allem in den von KUNKEl herausgegebenen Cuadernos de Botánica Canaria.

Die Zahl der gegenwärtig auf den Kanaren wildwachsend anzutreffenden Pterido- und Spermatophytenarten dürfte nach meinem Überblick zwischen 1900 und 2000 liegen. Vermutlich hat fast die Hälfte davon den Archipel erst nach seiner Besiedlung durch Menschen erreicht, die mehrere Jahrtausende zurückliegt. Mit 1300-1400 Arten aus etwa 600 Gattungen und rund 160 Familien ist Tenerife die floristisch reichste Insel Makaronesiens. Kaum mehr als insgesamt 400 dieser Arten auf Tenerife sind tinerfenische (ca. 110), kanarische (ca. 180) oder makaronesische (ca. 95) Endemiten. Demnach wären etwa die Hälfte aller einheimischen Pflanzen Tenerifes Endemiten im genannten Sinne. Der Anteil

der tinerienischen, kanarischen und makaronesischen Endemiten an der Gesamtzahl der einheimischen Arten Tenerifes ist also wahrscheinlich höher, als man bisher angenommen hatte, da in früheren Statistiken nicht oder anders als hier zwischen einheimischer und synanthroper Flora unterschieden wurde. Entsprechendes gilt auch für die anderen Inseln aller fünf makaronesischen Archipels, auf denen sich der Einfluß des Menschen ähnlich auf die Zusammensetzung der Flora auswirkte.

Der gegenwärtige floristische Reichtum der Kanaren ist mitverursacht durch die anthropogenen Veränderungen der von Natur aus bereits sehr vielfältigen Ökosysteme der Inseln. Durch die anwachsende Zahl von synanthropen wildwachsenden Arten kommt aber florenstatistisch und zum Teil auch in der Vegetationszusammensetzung eine Verschiebung zu Ungunsten der Endemiten zustande. Mit dem Aussterben einzelner endemischer Taxa und der großflächigen Vernichtung von Genotypen ist auf den Kanaren in naher Zukunft aus Gründen zu rechnen, die in Kapitel 4.5 kurz besprochen werden.

Innerhalb des Archipels ergeben sich drei Gruppen von Inseln mit abnehmender Anzahl von einheimischen und synanthropen Arten: 1. Tenerife und Gran Canaria, 2. La Palma und La Gomera und 3. El Hierro, Lanzarote und Puertaventura. Diese Abstufung ist durch ökologische Unterschiede weitgehend erklärbar. Tenerife ist so artenreich, weil sie als größte und höchste Insel des Archipels mit den in Kapitel 2 beschriebenen Eigenschaften über die bedeutendsten ökologischen Gegensätze verfügt, die auf einer kanarischen Insel vereinigt sind. Erwähnt seien an dieser Stelle nur die klimatischen Unterschiede zwischen dem oft feucht-kühlen Anaga-Gebirgskamm, der besonders im Sommer trocken-heißen Küste bei Los Cristianos im Südsüdwesten der Insel und den im Archipel einmaligen und für kanarische Verhältnisse klimatisch extremen Las Cañadas am Fuße des Pico de Teide.

Etwa zwei Drittel der kanarischen und makaronesischen Endemitenarten der Kanarischen Inseln haben Verwandtschaftsbeziehungen zu mediterranen Arten, rund ein Viertel zu ost- und südafrikanischen Arten und der Rest zu saharo-eindischen, amerikanischen, asiatisches(-australischen), atlantischen und afroalpinen (SUNNING 1970).

Es muß betont werden, daß Makaronesien und die Mittelmeerländer floristisch nahe verwandt sind, und daß der Unterschied beider Gebiete nur graduell ist. Insbesondere unter dem Einfluß der Vegetationskunde, die den Gegensatz zwischen makaronesischen Lorbeerwäldern und mediterranen Hartlaubwäldern überbetonte, entstand die falsche Vorstellung, daß es sich um floristisch und vegetationskundlich ganz verschiedene Typen handele. Auf den makaronesischen Archipelen kommen aber Arten aus den mediterranen Hartlaubwäldern auch im ökologischen Handbereich der Lorbeerwälder verbreitet vor. Andererseits sind in den Mittelmeerländern und in Westeuropa Pflanzenarten der Lorbeerwälder vorhanden und zum Teil vegetationskundlich von Bedeutung. Die Ausdrücke mediterran und makaronesisch bezeichnen nur sehr allgemein die beiden Extreme zweier einander durchdringender Floren- und Vegetationskomplexe.

Wesentliche Merkmale der endemischen Flora der Kanaren sind das Überwiegen von Holzpflanzen, taxonomische Isolation und Großdisjunktionen. Diese Tatsachen bestärken zusammen mit paläobotanischen und zytologischen Befunden die Ansicht (BRANWELL 1972), daß die endemische Flora der Kanaren überwiegend aus Paläoendemiten tertiärer Herkunft besteht. Einige dieser Gattungen haben durch adaptive Radiation zahlreiche Arten hervorgebracht, beispielsweise *Aeonium*, *Sonchus*, *Echium*, *Leucophaea* und *Chrysanthemum*.

Während die Kanarischen Inseln im Vergleich zu Teilen der Mittelmeerländer in floristischer Hinsicht nicht unbedingt als außergewöhnlich gelten können, weist die Statistik der Lebensformen einige charakteristische Züge auf. Betrachtet man nur die kanarischen und makaronesischen Endemitenarten des Archipels, so entfällt nach meiner Übersicht je ein Drittel auf Sträucher (Nanophanerophyten), Chamaephyten und die übrigen Lebensformen. Diese letzte Gruppe setzt sich zu je etwa einem Drittel aus Hemikryptophyten, Therophyten und den restlichen Lebensformen zusammen. Hingegen besteht bei den nicht endemischen einheimischen Arten und bei den Synanthropen fast die Hälfte aus Therophyten, ein Viertel aus Hemikryptophyten und ein weiteres Viertel zu etwa gleichen Teilen aus Chamaephyten, Sträuchern, Geophyten, Bäumen und den verbleibenden Lebensformen. Die eindeutige Dominanz der Sträucher (Halbsträucher) und Chamaephyten einerseits und der Therophyten andererseits ist auffallend und auch vegetationskundlich gut faßbar beim Vergleich von naturnaher und anthropogener Vegetation. Literatur zur florensgeschichtlichen Interpretation der Lebensformen zitiert BRANWELL (1972).

3.2 Areale einiger Bäume und Sträucher auf Tenerife

Da Bäume und Sträucher in der potentiell natürlichen Vegetation sowie für den Nebelniederschlag eine große Rolle spielen, seien die Areale ausgewählter Arten genauer dargestellt. Beispiele für die Verbreitung auf Tenerife, wie sie sich aus eigenen Funden ergibt, enthält Abbildung 3, und zwar bevorzugt von Arten, von denen bisher noch keine Verbreitungskarten vorlagen oder die, wie *Sideroxylon marmulano*, nach LEMS (1960) als "extremely rare, nearly extinct" galten.

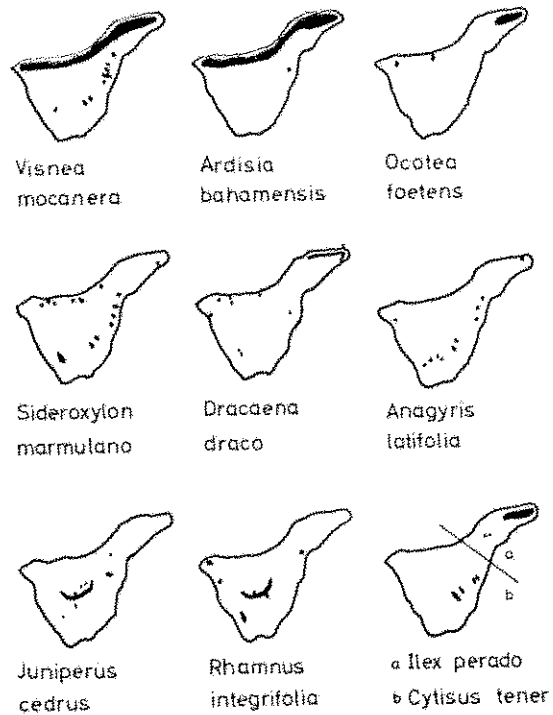


Abb. 3: Verbreitung von zehn Baum- und Straucharten auf Tenerife nach eigenen Beobachtungen. Diese Darstellungsweise läßt keine direkten Schlüsse auf die Häufigkeit der Arten zu.

Vinosa mosanera kommt (wie die meisten anderen Lorbeerwaldbäume und -sträucher) sowohl im Norden als auch im Süden der Insel vor. Die Feststellung, daß zahlreiche Lorbeerwaldpflanzen auch im Süden Tenerifes in Felshängen, Steilwänden und Barrancos anzutreffen sind, ist ein wichtiges Nebenergebnis dieser Arbeit. Aus den noch folgenden floristischen und vegetationskundlichen Darstellungen wird ebenfalls deutlich werden, daß die durch Vegetationskarten suggerierten Gegensätze zwischen der Nord- und Südseite Tenerifes geringer sind, als bisher angenommen wurde. Besonders in der Höhenstufe zwischen etwa (500) 800 und 1300 (1500) m gedeihen Arten der Lorbeerwälder an den genannten feuchtschattigen Standorten auch auf der Südabdachung.

Artisia bahamensis ist wie *Vinosa mosanera* ein Baum des Lorbeerwaldgebietes, jedoch mit Schwergewicht der Verbreitung im Norden. Ein derartiges Areal haben alle etwas feuchtigkeitsbedürftigeren Lorbeerwaldpflanzen, die im Süden nur noch im Güimar-Tal zu finden sind.

Olea foetida ist am häufigsten im Anaga-Gebirge anzutreffen und fehlt im Süden der Insel. Diese Tendenz ist bei mehreren Lorbeerwaldpflanzen festzustellen, wie auch das Beispiel von *Ilex parado* ssp. *platyphylla* zeigt. Es gibt sogar Arten, die ausschließlich im besonders feucht-kühlen Osten des Anaga-Gebirges vorkommen. Die vier bisher vorgeführten Verbreitungsbilder von Lorbeerwaldbäumen (im Norden und Süden, fast nur im Norden, nur im Norden, nur im Nordosten) sind stellvertretend für die Mehrzahl aller Lorbeerwaldgewächse verschiedenster Lebensform und systematischer Stellung.

Eideroxylon marmulans, ein kleiner immergrüner Baum oder Strauch an trocken-warmen suboptimalen Lorbeerwaldstandorten, ist wie *Dracaena drago* und die winterregenerdine *Anagyris latifolia* rund um die Insel verbreitet. Diese drei Areale ähneln dem von *Vinosa mosanera* und können als Beispiele für die zahlreichen, bislang kaum untersuchten Arten gelten, die im ökologischen Randbereich der Lorbeerwälder ihren Verbreitungsschwerpunkt haben.

Juniperus cedrus ist am häufigsten oberhalb der *Pinus canariensis*-Wälder, aber vereinzelt auch in mittleren Gebirgslagen des Nordens und Südens anzutreffen. Ähnlich verhalten sich die meisten Arten der oberen waldfreien Stufe.

Rhamnus integrifolia, ein immergrüner Strauch, ist an Felshängen und Steilwänden sowie in Barrancos in allen Höhenlagen der Waldstufe zu finden, wobei nur die Lorbeerwaldgebiete des Nordens großenteils ausgenommen sind. Auch *Pinus canariensis*, deren Areal sich mit der waagrecht liniierten Fläche in Abbildung 2 deckt, hat eine ähnliche Gesamtverbreitung. Diese zwei Beispiele stehen für eine Anzahl von Arten, die im ganzen Süden der Insel schwerpunktmäßig in der Waldstufe auftreten.

Cytisus tener (= *C. virgatus*) ist in seinem Vorkommen wie zahlreiche andere Arten der Insel auf kleinere Gebiete beschränkt. In allen Teilen Tenerifes, aber gehäuft in den fünf Regionen mit großflächig anstehendem alten Gestein und in den hohen Gebirgslagen, spielen disjunkt verbreitete Arten und Lokalendemiten eine Rolle, deren Verbreitungsbilder ökologisch interpretierbar werden, wenn man das Gesamtareal aller vikarianten Arten dieser Gruppe berücksichtigt.

Nach dem jetzigen Kenntnisstand, wie er sich aus der Literatur und eigenen Funden ergibt, wäre es möglich, für die meisten Arten auf Tenerife, El Hierro und La Palma Verbreitungskarten zu zeichnen, die zumindest so vollständig sein würden, daß eine ökologische Interpretation begonnen werden könnte. Die kleine Auswahl der im Rahmen dieser Arbeit dargestellten Verbreitungsbilder soll nicht den falschen Eindruck bestärken, daß die Areale der 1300-1400 Arten Tenerifes problemlos zu typisieren wären.

4. Vegetation der Insel Tenerife

Beschreibungen der Vegetation auf den Kanarischen Inseln liegen von zahlreichen Autoren vor. Diese Arbeiten werden von LEMS (1958), SUNDING (1973), KNAPP (1973) und in der laufend in den Cuadernos de Botánica Canaria erscheinenden Bibliografía Botánica genannt. Beim gegenwärtigen Stand der Kenntnisse ist es noch kaum möglich, eine methodisch und inhaltlich hinreichend begründete, detaillierte Beschreibung der Vegetation zu geben. Im Rahmen dieser Darstellung mag es genügen, mit besonderer Berücksichtigung des Themas der Arbeit eine grobe Gliederung der potentiell natürlichen Vegetation zu entwerfen.

In Übereinstimmung mit den klimatischen Verhältnissen lassen sich auf Tenerife drei Hauptvegetationsstufen unterscheiden: eine mittlere Stufe, in der im wesentlichen Bäume das Vegetationsbild bestimmen, sowie je eine darunter und darüber gelegene Stufe, in der Bäume selten sind oder fehlen. Die Waldstufe kann noch unterteilt werden in zwei Unterstufen, je nachdem, ob die Tendenz zu Trocken- oder Feuchtwald überwiegt (Abb. 2). Die beiden Unterstufen durchdringen einander vor allem an Sonderstandorten in noch stärkerem Maße als die drei Hauptstufen, die durch Übergänge verbunden sind.

In der vorliegenden Arbeit werden alle in Kapitel 4.1 behandelten Gesellschaften Lorbeerwälder (oder Feuchtwälder im weitesten Sinne) genannt. Obwohl *Laurus azorica* nicht in allen Wäldern dominant ist und einige der Baumarten nicht lorbeerblättrig sind (z.B. *Persea indica*), wird hier in Übereinstimmung mit der Literatur die Bezeichnung Lorbeerwald aus praktischen Gründen vorläufig weiterhin verwendet.

Vorweg sei gesagt, daß sich die in diesem Kapitel dargestellte Vegetationsgliederung in wesentlichen Punkten von der herkömmlichen unterscheidet. Insbesondere wurden auf allen bisher erschienenen Karten der potentiell natürlichen Vegetation der Kanarischen Inseln die Untergrenzen der Wälder zu hoch über dem Meeresspiegel angesetzt. Für Tenerife wird diese Kritik in den Kapiteln 4 und 5 begründet. Durch die unterschiedliche Verwendung der in dieser Arbeit vermiedenen Begriffe "Laurisilva", "Payal-Brezal" und "Monte verde" sowie durch zu geringe Beachtung der verschiedenen Untertypen der Lorbeerwälder und der *Pinus canariensis*-Lorbeermischwälder entstand ein zu lückenhaftes und unklares Bild von der Waldvegetation der Kanaren. Im Rahmen dieser Arbeit ist eine umfassendere Erörterung der vegetationskundlichen Probleme Makaronesiens nicht möglich.

4.1 Lorbeerwälder im weitesten Sinne

4.11 *Erica scoparia*-Buschwälder

Auf der Nordseite der im östlichen Anaga-Gebirge gelegenen Felakuppen Pico de Limante (872 m), Chinobre (910 m) und Roque de Anambra (864 m) sowie in einigen anderen Wind und Wolken vergleichbar ausgesetzten Geländeteilen des Anaga-Gebirgskammes befindet sich eine von *Erica scoparia* ssp. *platycodon* beherrschte Buschwaldvegetation, die auf meist flachgründigen Böden bei durchschnittlich rund 1000 mm Jahresniederschlag, zusätzlichem Nebelniederschlag, fast ganzjährig starker Bewölkung sowie verhältnismäßig kühlem und windigem Klima eine extreme lokale Ausbildungsform der tinerifischen Lorbeerwälder darstellt. Ob sich derartige Standorte und ihre Vegetation auch auf La Gomera befinden, wo sie einzig im Kanarischen Archipel außerdem noch vorkommen können, ist nicht vollständig geklärt. Die Vegetation der genannten Gebiete, die in Bezug auf den Nebelniederschlag von Bedeutung ist, wurde in der Literatur bisher nicht erwähnt.

Unter dem Einfluß einer jahrhundertalten niederwaldartigen Bewirtschaftung von eigentlichen Lorbeerwäldern ist *Erica scoparia* ssp. *platycodon* heute in weiten Teilen des gesamten Anaga-Gebirgskammes oberhalb von etwa 900 m verbreitet bis dominant. Aber auch in der natürlichen Vegetation des genannten Gebietes hat diese Art, die als kleiner Baum bis etwa 10 m Höhe erreicht, auf Wind und Wolken ausgesetzten, nebelniederschlagsreichen und relativ flachgründigen Rücken, Kuppen und Graten wahrscheinlich eine Rolle gespielt.

4.12 Epiphytenreiche Lorbeerwälder

Die von Natur aus etwa 10-15 m hohen, dichten Lorbeerwälder, die auf den Kanaren nur im Anaga-Gebirge und in einigen Teilen der Berge von La Gomera vorkommen, setzen sich aus mehreren Baumarten zusammen. *Erica scoparia* ssp. *platycodon*, *Ilex perado* ssp. *platyphylla*, *Laurocerasus lusitanica* ssp. *hixa* und, weniger ausgeprägt, auch *Ocotea foetens* und *Ardisia bahamensis* haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im Anaga-Gebirge. *Myrica faya*, *Ilex canariensis*, *Laurus azorica* und *Erica arborea* sind in den übrigen Wäldern Tenerifeas häufiger. Die Zahl der in diesen Lorbeerwäldern schwerpunktmäßig verbreiteten Sträucher und Kräuter ist ebenfalls hoch. Die meisten Wälder sind von Natur aus gemischt, so daß keine Baumart großflächig zur Dominanz kommt (siehe z.B. die Aufnahmen an den Meßstellen 21a und 25a in den Kapiteln 7.2 und 8.22). Es ist jedoch auffällig, daß in den Mulden und Tälchen, deren tiefergründigere Böden einen günstigen Nährstoffhaushalt und bei gelegentlichen sommerlichen Dürrezeiten eine gleichmäßige Wasserversorgung der Vegetation sicherstellen, die beiden *Erica*-Arten zurücktreten.

Die schattigen, durch ihre Dichte und den üppigen Behang aller Stämme und Äste mit epiphytischen Moosen düster wirkenden Wälder haben häufig an lichter Stellen einen artenreichen Unterwuchs aus überwiegend immergrünen mesomorphen Pflanzen, unter denen trockenheitsempfindliche Farne und Kräuter eine besondere Rolle spielen. Bartflechten sind in windigen Gebieten mit starkem Nebelniederschlag selten, wohingegen epiphytische Flechten vom Typ der Lungenflechte und vor allem bis über 30 cm lange Moose sehr häufig sein können. Einzig hier treten auf Tenerife auch gelegentlich epiphytische Moose auf älteren Blättern der Lorbeerwaldbäume auf. An epiphytischen Pteridophyten und Spermatophyten sind nur die beiden Crassulaceen *Aeonium cuneatum* und *Aichryson laxum* sowie die Farne *Davallia canariensis*, *Polypodium* sp. und *Asplenium onopteris* anzutreffen. Alle diese Arten treten aber als Nicht-epiphyten wesentlich häufiger auf.

In dem meist kühlen, wolken-, regen- und nebelniederschlagsreichen Anaga-Gebirgskamm finden sich einige Arten, die auch in entsprechenden Gebieten Madeiras nicht selten sind, zum Beispiel *Euphorbia mellifera*, *Ilex perado*, *Erica scoparia*, *Blechnum spicant* und viele andere Farne. Die floristischen Beziehungen derartiger Lorbeerwälder weisen außerdem in Richtung auf die immergrüne atlantische Flora Westeuropas, deren florensgeschichtlicher Zusammenhang mit Makaronesien wahrscheinlich ist. Als einzige sommergrüne Falllaubart ist *Sambucus palmeri* neben der an Wasserläufen und Quellen auf Tenerife verbreiteten *Salix canariensis* im Anaga-Gebirge vereinzelt im Schatten feuchter Lorbeerwälder zu finden.

4.13 Epiphytenärmere, "normale" Lorbeerwälder

Die epiphytenreichen Lorbeerwälder des Anaga-Gebirgskammes gehen gleitend in die "normalen" Lorbeerwälder über, die vor allem im Norden Tenerifes von Natur aus weit verbreitet waren. Gemeint sind im folgenden alle Lorbeerwälder Tenerifes, die nach oben von den Lorbeerwäldern des Anaga-Gebirgskammes oder den *Pinus canariensis*-Lorbeermischwäldern begrenzt werden (Abb. 2). In dieser Vegetationsstufe, die im Güimar-Tal im Südosten Tenerifes allmählich in die *Pinus canariensis*-Wälder des Südens übergeht, liegen die durchschnittlichen Jahresniederschläge zwischen etwa 900 mm in rund 1000 m Höhe und etwa 400 mm im Übergangsbereich zur unteren Stufe in etwa 100 m Höhe. In der gleichen Richtung nehmen die Bewölkung ab und die Temperatur zu.

Die meisten Baumarten der normalen Lorbeerwälder werden etwa 20-30 m hoch, wenn sie auf guten Standorten wachsen, mehrere können aber in felsigeren, trockenen Gegenden auch als kleiner Baum oder Busch zur Fruchtreife kommen. In Tälern, Mulden oder an ähnlichen Standorten mit tiefgründigen Böden und guter Wasserversorgung dominieren im allgemeinen *Persea indica*, seltener *Ocotea foetens* und andere anspruchsvolle und feuchtigkeitsbedürftige Lorbeerwaldbäume. Diese Bestände können bis etwa 30 m hoch werden und sind normalerweise hallenartig aufgebaut wie vergleichbar gutwüchsige sommergrüne Fallaubwälder Europas. Ebenfalls über 20 m hoch werden die Lorbeerwälder aus *Laurus azorica*, *Myrica faya*, *Ilex canariensis* und anderen Arten, die bevorzugt auf allen Normalstandorten des Lorbeerwaldgürtels wachsen und die wegen der häufigen Dominanz von *Laurus azorica* zum Typ des Lorbeerwaldes schlechthin ernannt wurden. Die Lorbeerwälder der tiefgründigen feuchten Täler und die auf Normalstandorten haben den ausgesprochenen

Hochwaldcharakter gemeinsam. Im Schatten der dicht beieinanderstehenden schlanken Bäume gedeihen nur wenige Pflanzen. Während die ältesten Stämme langsam absterben, allmählich dürr werden und zerfallen, treiben dieselben Individuen an der Basis wieder aus und erneuern sich so in wenigen Jahrzehnten. Ein solches natürliches Ausschlagvermögen, das den Arten ermöglicht, ihren Platz auch nach Überalterung oder Schädigung zu halten, ist fast allen kanarischen Lorbeerwaldbäumen eigen.

4.14 Strauchreiche Lorbeer-Felswälder

In Felshängen, Steilwänden und Barrancos sind Lorbeerwaldbäume wie *Picea excelsa*, *Apollonia barbuja*, *Visnea mocanera*, *Arbutus canariensis*, *Fleischeria canariensis*, *Ardisia bahamensis*, *Sideroxylon marmulano* und andere häufiger als die vorher erwähnten Arten. Die Lorbeerwälder derartiger Sonderstandorte, die meist sonnig und trocken sind, enthalten viele Sträucher und sind floristisch sehr reich. Den hier auftretenden Bäumen ist vermutlich ihre Konkurrenzschwäche gemeinsam. Die Lorbeer-Felswälder sind zwischen etwa 5 und 20 m hoch, meist stark gemischt und auf Grund ihrer Struktur und ihres Artenreichtums schwer übersehbar. Vereinzelt können bestimmte Baumarten über andere dominieren. So herrscht im Güimar-Tal und in Teilen des El Golfo auf der Insel El Hierro ein Lorbeerwaldtyp vor, in dem unter anderen *Visnea mocanera*, *Picea excelsa* und *Arbutus canariensis* häufig sind. In Teilen des Teno- und Anaga-Gebirges ist *Ardisia bahamensis* am Unterrand des Waldgürtels verbreitet, anderswo hingegen *Apollonia barbuja*. Die bisherigen Vegetationsgliederungen der kanarischen Lorbeerwälder haben diese verschiedenen ökologischen Gruppierungen viel zu wenig berücksichtigt.

4.15 Bestände im trockenen Randbereich der Lorbeerwälder

Die typologische Zuordnung der Lorbeerwälder wird um so problematischer, je weiter man sich von den Tal- und Normalstandorten in Richtung auf die trocken-warmen ökologischen Randbereiche der Lorbeerwälder begibt. Gerade diese Standorte haben aber auf den meisten Inseln, zum Beispiel auf La Palma, eine große Ausdehnung, so daß es notwendig ist, das bisherige Lorbeerwaldkonzept zu erweitern.

Wie in Abbildung 2 dargestellt ist, reichen die Lorbeerwälder vielerorts im Norden der Insel bis nahe ans Meer. An anderen Stellen hingegen, die weniger feucht sind, treten lokal schon ab rund 400 m Arten wie *Juniperus phoenicea*, *Pistacia atlantica*, *Olea europaea* ssp. *cerasiformis*, *Dracaena draco*, *Bosca yervanora*, *Maytenus canariensis* und viele andere, meist immergrüne, trockenheitsvertragende Büsche und Bäume auf. Nur *Juniperus phoenicea* bildet größere Bestände.

Insgesamt läßt sich diese Vegetation bei der Unübersichtlichkeit des Reliefs und der enormen Artenfülle nur schwer von den Lorbeerwäldern trennen, in deren Randbereich es überall Durchdringungen gibt. Die Baum- und Straucharten, die teils auch in Mittelmeerländern vorkommen, stehen in ihren ökologischen Ansprüchen und in ihrer Verbreitung dem trockenen Flügel der Lorbeerwälder so nahe, daß nur graduelle Unterschiede feststellbar sind.

Es ist keinesfalls so, daß die Lorbeerwälder in den trocken-warmen Gebieten Tenerifes in eine reine Hartlaubwaldstufe übergehen. Vielmehr kommen in der beschriebenen Übergangsstufe neben Lorbeerwaldarten mediterrane, winterregengrüne und sukkulente Arten vor, so daß zwischen der ausgedehnten geschlossenen Lorbeerwaldstufe und dem im Norden der Insel nur schmalen und unterbrochenen Gürtel des baumarmen Buschlandes die größte floristische und vegetationskundliche Vielfalt Tenerifes anzutreffen ist. Eine ähnliche Vegetation befindet sich nach meinen Beobachtungen auch im Süden der Insel innerhalb der *Pinus canariensis*-Wälder in Felshängen, Steilwänden und Barrancos. *Sideroxylon marmulano*, *Dracaena draco*, *Anagyris latifolia* und andere geben durch ihre Verbreitung eine Vorstellung von der Verteilung derartiger Standorte auf Tenerife (Abb. 3).

In allen bisher behandelten Lorbeerwaldtypen, deren Gesamtverbreitung in Abbildung 2 dargestellt ist, sind Bäume, Sträucher und Zwergsträucher absolut dominant. Nur in ihrem Schatten oder auf Felsen kommen von Natur aus andere Lebensformen vor.

4.2 *Pinus canariensis*-Wälder

4.21 *Pinus canariensis*-Lorbeerwälder

Oberhalb etwa 1000 m, gelegentlich auch erst ab rund 1400 m, gehen die Lorbeerwälder in die *Pinus canariensis*-Waldstufe über. Von deren Untergrenze an aufwärts sinken die durchschnittlichen Jahresniederschläge von etwa 900 mm auf 400-500 mm an der oberen Waldgrenze ab. Es ist wahrscheinlich, daß sowohl der Umweltfaktor Wasser als auch der Faktor Strahlung (Licht und Temperatur) beim Zustandekommen der Obergrenzen von Lorbeer- und *Pinus canariensis*-Wäldern entscheidend sind.

Der Übergang von Lorbeer- und *Pinus canariensis*-Wäldern erstreckt sich über mehrere hundert Meter (Abb. 2), und es gibt keine scharfe Trennung zwischen beiden Vegetationsstufen. In Gegenden mit wechselvollem Relief, wie bei Agües, ziehen sich die feuchtigkeitsbedürftigeren Lorbeerwaldarten auf die Schattenhänge zurück, während auf den Sonnenhängen *Pinus canariensis* dominiert. Auf den Normalstandorten oberhalb von 1000-1300 m bis etwa 1500 m wachsen Bäume wie *Ilex canariensis*, *Myrica faya* und *Erica arborea* unter dem 20 bis maximal 40 m hohen *Pinus canariensis*-Wald. Die Höhe, Dichte und Artenzahl des Unterwuchses aus Lorbeerwald-Vertretern nimmt nach oben hin immer mehr ab, so daß sie schließlich ab etwa 1600 m kaum noch zu finden sind. Die absoluten Obergrenzen vieler Lorbeerwaldbäume liegen zwischen 1000 und 1400 m. Nur *Myrica faya* kommt noch bei 1600 m vor und *Erica arborea* bei 1900 m.

Die Häufung von Lorbeerwaldbäumen zwischen etwa (500) 800 und 1300 (1500) m in Felshängen, Steilwänden und Barrancos des Südens kommt dadurch zustande, daß in dieser Stufe höhere Niederschläge, Wolkenschatten und Nebel die allgemeine sommerliche Trockenheit der Südatmosphäre von Tenerife etwas mildern, so daß sich an Sonderstandorten innerhalb der *Pinus canariensis*-Wälder reichere Vegetationskomplexe ausbilden können.

4.22 Keine *Pinus canariensis*-Wälder auf trockenen Standorten

Wo neben *Pinus canariensis* keine weitere Baumart der Lorbeerwälder mehr zu wachsen vermag, was oberhalb von etwa 1600 m und in weiten Teilen des Südens der Fall ist, können trockenheitsertragende Büsche wie *Chamaecytisus proliferus* als Unterwuchs auftreten. Viele *Pinus canariensis*-Wälder sind jedoch ziemlich licht und haben nur spärlichen Unterwuchs. Die ökologische Amplitude von *Pinus canariensis* wird von keiner anderen Baumart der Kanaren erreicht. Die höchsten Vorkommen liegen bei etwa 2500 m, die niedrigsten im Süden noch unter 300 m. Die obere Waldgrenze verläuft südlich der Cañadas del Teide bei etwa 2300-2400 m, in den übrigen Gebieten um 2000-2200 m, wobei edaphische Faktoren und das für kanarische Verhältnisse extreme Klima der Cañadas del Teide von Bedeutung sind. Die Untergrenze der *Pinus canariensis*-Wälder liegt im Süden der Insel bei durchschnittlich (300) 400-500 m in Gebieten, in denen noch etwa 300 mm mittlerer Jahresniederschlag fallen (Abb. 2).

4.23 *Pinus canariensis*-Felswälder

Im Norden kommt *Pinus canariensis* auf Felsen und jüngeren Laven saurer Gesteine auch in der eigentlichen Lorbeerwaldstufe verbreitet vor. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, liegt ein isolierter Fundpunkt von *Pinus canariensis* im Anaga-Gebirge, während auf den jüngeren sauren Laven im Nordwesten Teneriffes großräumig Mischwälder aus edaphischen Gründen auftreten. Je nach Beschaffenheit des Untergrundes überwiegen dort teils reine Lorbeerwälder mit *Laurus azorica*, *Myrica faya*, *Ilex canariensis* und anderen, teils *Pinus canariensis*-Wälder mit Unterwuchs von *Myrica faya*, *Ilex canariensis* und *Erica arborea*. Stellenweise befinden sich im genannten Gebiet *Pinus canariensis* und ihre Begleitpflanzen unmittelbar im Bereich der schmalen unteren Baumarmen Buschlandstufe.

4.3 Waldfreie Gebiete

4.31 Hochgebirgs-Gebüsche

Im Bereich der oberen *Pinus canariensis*-Waldgrenze und z.T. auch oberhalb derselben vermögen nur zwei Holzarten zu wachsen, die gelegentlich baumförmig werden, *Chamaecytisus proliferus* und *Juniperus cedrus*. Der letztere würde von Natur aus zwischen etwa 2000 und 2500 m in Felswänden, aber auch in Lavafeldern, nicht selten auftreten, ohne allerdings größere geschlossene Bestände zu bilden.

In der verbleibenden oberen, völlig baumfreien Stufe überwiegen Büsche, die wie *Spartocytisus rubigenus* trockenheitsertagend und kalteunempfindlich sind und mehr oder weniger dichte, bis 3 m hohe Bestände bilden. Eine solche Hochgebirgsstufe ist auf den Kanaren nur auf Tenerife ausgebildet, da die entsprechenden waldfreien Gebiete auf La Palma nur von sehr geringer Ausdehnung sind und die höchsten Berge der übrigen Waldinseln von Natur aus bewaldet wären.

4.32 Trockengebüsche unterhalb der Waldstufe

Unterhalb der *Pinus canariensis*-Wälder kommen in der baumarmen bis -freien Stufe an der Südoberdachung Tenerifes nur *Pistacia atlantica* und *Juniperus phoenicea* als Bäume vor, aber nur selten und an Sonderstandorten. Ob *Tamarix canariensis* und *Phoenix canariensis* in dieser Stufe im Süden unter natürlichen Bedingungen auftreten würden, ist nicht sicher. Bis zu etwa 5 m hohe, kleinblättrige, winterregengrüne, immergrüne oder dornige Büsche sowie Stammsukkulente bilden in dieser unteren Stufe ein dichtes Buschland, in dem Holzpflanzen auf fast allen Standorten bis hin zur Küste dominieren. Selbst junge Lavafelder werden bald von trockenheitsertagenden Pioniersträuchern besiedelt. In dieser Stufe ist Nebelniederschlag ausgeschlossen, und auch die Beschattung durch Wolken ist selten und vor allem auf die Winterzeit beschränkt.

4.4 Bemerkungen zur jahreszeitlichen Entwicklung der Vegetation

Die Phänologie der Kanaren-Vegetation ähnelt derjenigen anderer ozeanischer Winterregengebiete. Nach den ersten Niederschlägen im Herbst ergrünt die Vegetation der Tieflagen, wo der Vegetationszyklus bereits im späten Frühjahr abgeschlossen ist. In den höchsten Lagen fällt die Hauptentwicklung in den Frühsommer, wenn noch genügend Wasser im Boden vorhanden ist und die Temperaturen nicht mehr so niedrig sind. In den Lorbeer- und *Pinus canariensis*-Waldstufen liegt der Höhepunkt der Vegetationsentfaltung im Frühjahr, wenn am Ende der Regenzeit die Temperaturen zu steigen beginnen. In allen Teilen der Insel ist der trocken-heiße Spätsommer die Ruhezeit.

4.5 Einfluß des Menschen auf die Vegetation

Dem in den Abschnitten 4.1 bis 4.3 gezeichneten potentiellen Vegetationsbild entspricht die heutige reale Landschaft nur noch an wenigen Stellen. Sie ist größtenteils vom Menschen geprägt worden. Trotzdem liegen über den Einfluß des Menschen auf die Flora und Vegetation der Kanaren bisher nur wenige Veröffentlichungen vor. Von den 1030 Arbeiten, die SUNDING (1973) in seiner botanischen Bibliographie der Kanarischen Inseln aufführt, enthalten bezeichnenderweise nur etwa 40 Hinweise auf Beziehungen zwischen dem Menschen und der Vegetation.

Die Geschichte des menschlichen Einflusses auf die Kanaren ist im Gegensatz zu Madeira und den Azoren schon Jahrtausende alt. Die vorspanische Bevölkerung siedelte vor allem im Gebiet des unteren Lorbeerwaldrandes. Die Veränderungen der Ökosysteme, die in dieser langen Zeit durch Beweidung, Ackerbau und andere Formen der Landnutzung entstanden, dürften kaum ein Ausmaß angenommen haben, das mit dem späteren Zeiten vergleichbar ist. Seit der Eroberung durch Europäer wurde die Vegetation der Inseln durch Verstärkung und Ausdehnung von Beweidung und Nutzung der Wälder sowie durch Rodung größerer Flächen stark verändert. Nur ein Teil der Gebiete, in denen Nebelniederschlag zu einer zusätzlichen Wasserezufuhr führen könnte, ist heute noch mit Hochwald bestanden (CERBALLOS 1953).

Der Einfluß des Menschen auf die Wälder der Kanaren hatte aus der Sicht des Naturschutzes nicht ausschließlich negative Folgen. Bei der natürlichen Wiederbewaldung mit *Pinus canariensis* im Südosten Tenerifes und an zahlreichen anderen Stellen in Aufforstungsgebieten läßt sich beobachten, daß die meisten tinorfenischen, kanarischen oder makaronessischen Endemiten der Konkurrenz durch *Pinus canariensis* und andere einheimische Bäume kaum gewachsen sind und im Walde nicht oder nur sehr kümmerlich gedeihen können. Die Auflichtung und teilweise Zerstörung der Wälder durch die traditionelle Weidewirtschaft früherer Jahrhunderte hatte eine Ausbreitung sehr vieler endemischer Sträucher, Zwergsträucher und Kräuter zur Folge, da diese die ehemals bis auf Sonderstandorte weitgehend von *Pinus canariensis* und Lorbeerwaldbäumen dominierten Flächen besiedeln konnten. Meines Erachtens müssen viele Areale endemischer Arten als zum Teil synanthrop erweitert gelten.

Aus Abbildung 2 ist zu ersehen, daß auf Tenerife von Natur aus etwa 3/4 der Fläche bewaldet wäre. Nur in den Gebieten mit ausgesprochenen Trockenheitsempfindlichen Arten wirkte sich die Entwaldung eindeutig zum Nachteil der selben aus. Dies gilt insbesondere für die Wälder des Anaga-Gebirges, in denen Nebelniederschlag im Kanarabereich vorkommt.

Die Umwandlung von ehemals traditionell genutzten Triften, Busch-, Nieder- und Mittelwäldern in dicht geschlossene Forste ist aus der Sicht des Naturschutzes nicht vorteilhaft. Sie bringt zahlreiche seltene Arten, die lichtliebend sind, zum Verschwinden. Nachteilig wirken in dieser Hinsicht auch die Ausweitung der Bewässerungskulturen und die Zersiedlung der Landschaft.

4.6 Die Umweltfaktoren im Überblick

Bevor die Bedeutung des Nebelniederschlags genauer besprochen wird, sei im Anschluß an die Darstellung der Vegetation ein kurzer Überblick über sämtliche Umweltfaktoren gegeben.

Wie an Hand von Messungen und Beobachtungen noch im einzelnen belegt werden wird, spielen die Faktorengruppen Wasser und Strahlung (Licht und Temperatur) bei der Vielfalt ihrer möglichen Kombinationen auf den Kanarischen Inseln die ökologisch wichtigste Rolle.

Die Bedeutung chemischer Umweltfaktoren ist auf den Kanaren nur unvollständig bekannt. Die Vegetation auf Basalten, Phonolithen und Trachyten ist zum Teil deutlich voneinander unterschieden. Die pH-Werte liegen allgemein auf den Inseln um pH 7 (SUNDING 1972). Ihre Variation reicht von schwach sauer in bestimmten Lorbeerwaldgebieten bis zu schwach basisch in der unteren waldfreien Stufe.

Die Verbreitung von Kalkkrusten, die besonders in trocken-warmen Gebieten anzutreffen sind, ist aus Abbildung 4 zu ersehen. Beim Vergleich der Abbildungen 2 und 4 wird deutlich, daß sich Kalkkrusten auf Tenerife vor allem in der südlichen waldfreien Stufe befinden. Ähnliches wurde von mir auf El Hierro, La Palma, La Gomera und Gran Canaria beobachtet. Auf der letztgenannten Insel, die insgesamt etwas trockener als Tenerife ist, kommen Kalkkrusten auch an der Nordküste vor. Auf den beiden Ostinseln sind sie weit verbreitet.

Es ist wahrscheinlich, daß der von Afrika stammende Staub in der Luft, der auf den Kanaren abgesetzt wird, sowie aus der Brandungszone verwehte Substanzen ökologisch relevant werden.

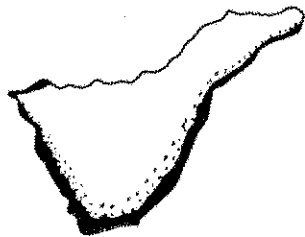


Abb. 4: Verbreitung von Kalkkrusten auf Tenerife (schematisch).

Unter den mechanisch wirksamen Umweltfaktoren ist in früheren Zeiten besonders der Vulkanismus von Bedeutung gewesen. Unter Lava, Lapilli und Aschen wurden ganze Landschaften der Insel und ihre Vegetation begraben. Steilwände und Barrancos boten jedoch der Flora zum Teil auch in den von Lapilli- und Aschefällen betroffenen Gebieten eine Überlebenschance.

Die Ausschlagfähigkeit der meisten Lorbeerwaldbaumarten macht sie gegen Schädigungen durch Dürre, Feuer, Felsstürze und Fraß weitgehend widerstandsfähig. Das Feuer hat höchstwahrscheinlich in der Entstehungsgeschichte der Inseln eine Rolle für die Vegetation gespielt. *Pinus canariensis* ist sogar, nachdem sie vollständig nadellos und scheinbar verkohlt einen Brand überstanden hat, noch ausschlagfähig. Astbruch durch anfrrierenden Nebel und Windschur sind lokal verbreitet. Intensiven Heuschreckenfraß beobachtete ich im Sommer in der oberen waldfreien Stufe Tenerifes.

5. Makroklimatischer Überblick

5.1 Wassertypen

Über das Klima der Kanarischen Inseln existiert ein vergleichsweise umfangreiches Beobachtungs- und Maßmaterial, das bisher aber nur zum Teil zusammenfassend ausgewertet wurde. Publikationen über meteorologische und hydrogeologische Ergebnisse des Proyecto Canarias SPA 15 der UNESCO sind in den nächsten Jahren zu erwarten. Die in der vorliegenden Arbeit genannten meteorologischen Daten beruhen auf eigenen Messungen, soweit sie aus den Jahren 1970-1972 stammen. Alle übrigen Angaben wurden, wenn kein anderer Autor genannt wird, dem Buch von HUETZ DE LEMPS (1969) entnommen. Eine mit zahlreichen Abbildungen versehene, großräumig vergleichende Darstellung der klimatischen Verhältnisse Afrikas findet man bei GRIFFITH (1972), der die hier nur gestreiften Themen ausführlicher behandelt.

Das Klima der Kanaren wird durch die Lage vor der nordwestafrikanischen Küste in der Nähe des nördlichen Wendekreises bestimmt. In diesem Raum treten drei Gruppen von Luftmassen mit abnehmender Bedeutung auf: maritime tropische Luft, maritime polare Luft und kontinentale saharische Luft. Die verschiedenen Wassertypen und ihr jahreszeitliches Auftreten werden in Kapitel 6.2 noch genauer beschrieben, vor allem unter dem für das Thema dieser Arbeit besonders wichtigen Aspekt der Bewölkungsverhältnisse. Es muß betont werden, daß derartige Einteilungen in Luftmassen und Wassertypen nur sehr schematisch und allgemein sind.

Normalerweise liegt nordwestlich von den Kanaren ganzjährig das subtropische Hochdruckgebiet des östlichen Nordatlantiks. Dieses Azorenhoch ändert im Laufe des Jahres seine Lage, befindet sich aber meist etwa auf der Linie Azoren - Madeira - Kanaren. Im Sommer überwiegt im Bereich der Kanaren durch den zu dieser Jahreszeit besonders ausgeprägten Einfluß des Azorenhochs der Nordnordost-Passat. Im Juni beispielsweise weht dieser Wind mit einer Frequenz von 90-95 %, im Januar dagegen mit kaum 50 %. Stetigkeit und Stärke des Passates sind im Sommer am höchsten, wohingegen die atmosphärische Situation im Winter viel unstabiler ist. Die Richtung des Windes auf den Inseln weicht nach meinen Beobachtungen in einzelnen zum Teil erheblich von der Hauptrichtung des Passates ab. Hierbei spielen Relief und Tageszeiten entscheidende Rollen, indem sie Land- und Seebrisen sowie Berg- und Talwinde veranlassen.

Durch Veränderungen der Stärke und Lage des Azorenhochs kommt es zu Einbrüchen von maritimer polarer Luft oder von feuchter tropischer Luft. Im Winter führen ozeanische Störungen zu nicht selten unweatherartigen Regenfällen, wie sie auch aus anderen typischen Winterregengebieten bekannt sind.

Wenn sich das Zentrum des Azorenhochs nach Osten verlagert, geraten die Kanaren unter den klimatischen Einfluß des benachbarten afrikanischen Kontinents. Im Sommer können dann gelegentlich bei trockenem und heißem Ostwind im ganzen Archipel sehr hohe Maximaltemperaturen auftreten, die aber im Winter, wenn dieser Wind öfter weht, kaum erreicht werden (Abb. 19, Kapitel 5.4).

5.2 Einfluß des Atlantischen Ozeans

Die Wassertemperatur des Atlantik im Bereich Nordwestafrikas und Makaronesiens ist auffallend niedrig, besonders im Sommer und im Vergleich zur amerikanischen Atlantikküste, wo sich der warme Golfstrom bemerkbar macht. Aus diesem Grunde fehlt in Nordwestafrika auch die Mangrove, die auf der Ostseite Afrikas noch im nördlichen Roten Meer verbreitet ist. Durch die Vorherrschaft von Nord- bis Nordostwinden kommt es vor der nordwestafrikanischen Küste zum Aufquellen kühlen Tiefenwassers, das in südlicher bis südwestlicher Richtung als Kanarenstrom auch den Kanarischen Archipel durchzieht. Die Isothermen des Oberflächenwassers verlaufen im makaronesischen Raum ganzjährig etwa von den Azoren im Nordwesten über Madeira und die Kanaren zum Gabo Blanco an der afrikanischen Küste im Süden. Im Februar liegen die Temperaturen des Oberflächenwassers auf der genannten Linie zwischen 16° bei den Azoren und $17-18^{\circ}$ bei den Kanaren, im August allgemein um 23° , jedoch im Osten des Kanarischen Archipels etwas tiefer als im Westen.

Die ozeanische Umgebung und die vergleichsweise tiefe Wassertemperatur üben einen starken Einfluß auf das kanarische Klima aus. Durch die thermische Trägheit des Ozeans, wie sie beispielsweise aus einer von ACHUA GONZALEZ (1972) wiedergegebenen Abbildung ersichtlich wird, ist nach den Daten aus dem Zeitraum 1961-1980 der kühlfte Monat der Küstenstationen der Februar. In Santa Cruz de Tenerife (37 m) beträgt die mittlere Lufttemperatur des Januar $17,8^{\circ}$, die des Februar nur $17,1^{\circ}$. Dagegen ist in dem nicht an der Küste liegenden La Laguna (547 m) der Januar der kühlfte Monat. Während das Frühjahr durch den Einfluß des Ozeans noch relativ kühl ist, bleibt der Herbst länger warm. In Puerto de la Luz (6 m) auf Gran Canaria ist der April ($18,6^{\circ}$) sogar noch kälter als der Dezember ($18,9^{\circ}$). Der wärmste Monat in Santa Cruz de Tenerife ist der August ($25,6^{\circ}$), während der Oktober ($23,1^{\circ}$) noch wärmer ist als der Juni ($22,2^{\circ}$). Der Umstand, daß die Küstenregion im Winter noch verhältnismäßig warm bleibt, wenn in höheren Lagen bereits tiefere Temperaturen vorherrschen, hat für die phänologische Entwicklung der Küstenvegetation Bedeutung.

Durch den Einfluß des nordwestlich von Afrika aufquellenden kühlen Tiefenwassers ist die Lufttemperatur des Passates über dem Wasser bei den Kanaren im Juli und August etwa 1° niedriger als bei den viel weiter nördlich gelegenen Azoren. Puerto de la Luz auf Gran Canaria ist im Sommer dem kühlenden Passat direkt ausgesetzt und hat im August ein Mittel von $23,7^{\circ}$. Santa Cruz de Tenerife auf der geschützteren Südseite des Anaga-Gebirges hingegen $25,6^{\circ}$ im selben Monat. Die Kühle des Meeres behindert das Zustandekommen von Steigungsregen, da sich die Kühle und schwere Luft unter wärmerer befindet (stabiler thermischer Gradient).

Die Temperaturunterschiede zwischen Luft und Meer sind im allgemeinen gering. Im Winter ist die Luft etwas kühler als das Wasser. Im Sommer ist die Lufttemperatur auf den westlichen Inseln kaum geringer und auf den östlichen Inseln ein wenig höher als die des Wassers. Zur afrikanischen Küste hin nimmt der schon bei den östlichen Inseln nachweisbare Unterschied zwischen Luft- und Wassertemperatur zu, so daß sich südwestlich von Marokko häufig unmittelbar an der afrikanischen Küste beginnende Seenebel bilden, die aber bei den östlichen Kanaren bereits seltener sind und im Westen des Archipels nahezu fehlen.

Der Temperaturunterschied zwischen maritimer Luft und kontinentaler saharischer Luft ist im Sommer sehr ausgeprägt. In dieser Jahreszeit, wenn die Kanaren ungefähr auf der Mitte zwischen dem Azorenhoch und dem Saharatief liegen, weht der Passat etwa aus Norden, während der kontinentale saharische Wind aus nordöstlicher oder östlicher Richtung kommt. Die Front zwischen beiden Luftmassen liegt gewöhnlich landeinwärts dicht hinter der afrikanischen Küste, so daß der Einfluß der kontinentalen saharischen Luft im Bereich der Kanaren besonders im Sommer geringer bleibt, als die geringe Entfernung vermuten läßt. Das Vorhandensein des kühlen Kanarenstroms zwischen der Saharaküste und den Kanaren erklärt auch, warum bei Ostwind eher mittlere Gebirgslagen der Inseln von einer saharischen Hitzewelle betroffen werden als die durch die Kaltluftbarriere geschützten Küstengebiete.

5.3 Luftschichtung im Bereich Makaronesiens

Die Gliederung in Sphären ist ein wesentliches Merkmal der Lufthülle unseres Planeten und von grundlegender ökologischer Bedeutung. Die allgemeinen Züge

des Kanarenklimas, besonders die Unterschiede zwischen den Höhenstufen, erklären sich aus der vertikalen Struktur der Troposphäre. Über einer Schicht von relativ kühler und feuchter Luft befindet sich wärmere und trockenere Luft. Diese beiden Luftschichten sind durch eine Diskontinuität getrennt. Der Temperaturunterschied zwischen ihnen erreicht oft 10° . Im Durchschnitt beträgt er im Bereich der Kanaren über 5° und nimmt zu den Azoren hin allmählich auf 2° ab. Die mittlere Höhe der Inversionsfläche steigt im Gebiet zwischen den Kapverden und den Azoren von etwa 500 auf 1500 m. Im Süden und Osten Makaronesiens macht sich also die Luftschichtung viel stärker bemerkbar als im Nordwesten. Auf den Kanaren liegt die Obergrenze der kühlen und feuchten Luftschicht oft bei etwa 900-1500 m, sie schwankt jedoch jahreszeitlich und je nach Wittertyp erheblich. Durch Konvektion und Turbulenz kommt es an dieser Obergrenze zur Bildung ausgedehnter Stratocumuluswolkenbänke, die wegen ihrer glatten Oberfläche als Wolkenmeer bezeichnet werden, das typisch für das sommerliche Passatwetter ist (Kapitel 6.2). Das Vorhandensein der oberen warmen und trockenen Luft verhindert meist die Entstehung von Cumuluswolken und Steigungsregen.

5.4 Klimadiagramme von Tenerife

Um das Klima in ökologischer Hinsicht anschaulich zu charakterisieren, wurden Klimadiagramme nach der Methode von WALTER und LIETH (1960-1967) und WALTER (1968) entworfen (Abb. 5-18). Die Lage der Stationen ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Die zuerst behandelten acht Klimadiagramme können als repräsentativ für die südliche untere waldfreie Stufe, die südliche Pinus canariensis-Waldstufe und die obere waldfreie Stufe Tenerifas gelten. Daran anschließend werden sechs Klimadiagramme aus den verschiedenen Vegetationsgebieten des Nordens besprochen. Soweit notwendig, sind den Beschreibungen der Stationen ergänzende oder kritische Anmerkungen zu den Klimadiagrammen vorangestellt. Die Daten wurden von mir durchgesehen, ergänzt und zum Teil neu berechnet sowie bei offensichtlichen Fehlern korrigiert (vgl. auch Kapitel 8.23 und Tabelle 3). Die Angaben über den Gültigkeitsbereich und die ökologische Relevanz der Klimadiagramme beruhen auf eigenen klimatologischen, ökologischen und vegetationskundlichen Untersuchungen.

Faro de Rasca (Abb. 5)

Daten aus HURTZ DE LEMPS (1969).

Station: Punta Rasca. Sehr wahrscheinlich aber Faro de Rasca und nicht Punta de la Rasca.

Beobachtungsjahre: 1948-1965, davon 1951, 1963, 1964 und 1965 unvollständig.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: Errechnet aus den 14 vollständigen Jahressummen.

Kurve der mittleren monatlichen Niederschläge: Errechnet aus allen verfügbaren Monatsmitteln der 18 Jahre.

Eine Vorstellung vom möglichen Verlauf der mittleren Monatstemperaturen, über die von Faro de Rasca keine Angaben vorliegen, erhält man beim Vergleich mit den Klimadiagrammen von Santa Cruz de Tenerife, wo in Bezug auf die Temperaturen ähnliche Verhältnisse wie an der übrigen Südküste Tenerifas herrschen dürften. Das in diesem Sinne vervollständigte Klimadiagramm von Faro de Rasca hat einen Gültigkeitsbereich, der die gesamte für tinerfenische Verhältnisse extrem trockene Küste im Süden der Insel umfaßt. Im mehrjährigen Durchschnitt ist hier kein Monat als humid im Sinne von WALTER (1968) zu bezeichnen.

Die Vegetation der Küstenstufe in Süd-Tenerife unterscheidet sich nur auf Sedimenten im unmittelbaren Einflußbereich des Meeres deutlich von der benachbarten Busch- und Sukkulantenvegetation der unteren baumarmen bis -freien Stufe des Südens. Auf diesen oft sandigen und von der Salzwassergischt betroffenen Standorten, deren Vegetation als Halbwüste beschrieben wurde, spielen edaphische Faktoren und die Nähe des Meeres offensichtlich eine größere Rolle als die klimatischen Gegebenheiten. Aus diesem Grund wurde in Abbildung 2 die untere Stufe nicht weiter untergliedert, da ihre typischen Arten durchaus auch auf den klimatisch extremsten Normalstandorten dominieren. Dieses Problem ließ sich gut an der Flachküste nordwestlich von Los Cristianos studieren, deren Vegetation inzwischen dem Bau einer Hotelstadt zum Opfer gefallen ist.

Abb. 5-18: Klimadiagramme von Tenerife.

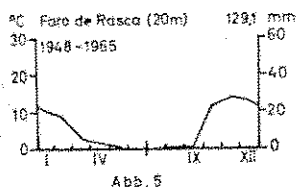


Abb. 5

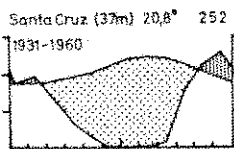


Abb. 6

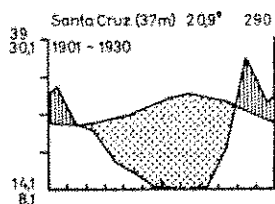


Abb. 7

Santa Cruz de Tenerife (Abb. 6 u. 7)

Beobachtungsjahre: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 1925-1944; WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1963): 1931-1960; OBERDORFER (1965): 1925-1944; WALTER (1968): 1901-1930; HUETZ DE LEMPS (1969): 1901-1930 und 1944-1966; BOLLHARDT (1972): 1944-1969.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 243,8 mm; WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1963): 252 mm; OBERDORFER (1965): 244 mm; WALTER (1968): 290 mm; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 290 mm; BOLLHARDT (1972): 268,9 mm. Die Werte für 1901-1930 wurden zum Teil extrapoliert, da die Daten unvollständig waren. Die Niederschlagswerte in diesem Zeitraum erscheinen etwas zu hoch. HUETZ DE LEMPS (1969) nennt für 1925-1944: 243,8 mm und für 1944-1963: 259,4 mm. Seiner Meinung nach dürften 250 mm dem langjährigen Mittel nahekommen.

Kurve der mittleren monatlichen Niederschläge: Für 1901-1930 nach HUETZ DE LEMPS (1969). Diese Werte erscheinen, wie erwähnt, etwas zu hoch. Für 1931-1960 nach WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1963).

Mittlere Jahrestemperatur: WALTER (1968) und HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 20,9°; bei allen anderen 20,8°.

Tiefstes mittleres Monatsminimum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 14,6° im Februar; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 14,1° im Februar.

Absolutes Minimum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 8,1°; WALTER (1968): 8,0°; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 8,1°.

Höchstes mittleres Monatsmaximum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 29,3° im August; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 30,1° im August.

Absolutes Maximum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 40,4°; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 39° und am 10. Juli 1961: 40,4°.

Kurve der mittleren Monatstemperaturen: Für 1901-1930 nach HUETZ DE LEMPS (1969), für 1931-1960 nach WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1963).

Die Klimadiagramme von Santa Cruz de Tenerife sind von besonderer Bedeutung, weil sie auf umfangreichem Datenmaterial beruhen. Die wesentlichen Merkmale dieser Klimadiagramme gelten auch für die Südküste des Anaga-Gebirges und für die Küste bis etwa zur Ladera de Güimar im Südosten Tenerifes. Dieser Teil der unteren baumarmen bis -freien Stufe des Südens ist nicht so extrem trocken wie die beim Klimadiagramm Faro de Rasca genannten Gebiete. Die schwache Zunahme von Bewölkung und Niederschlägen auf Tenerife von Südwesten nach Nordosten macht sich also auch im Süden bemerkbar.

Über den engeren Geltungsbereich im Südosten hinaus haben die Klimadiagramme von Santa Cruz de Tenerife aber auch für die untere südliche Stufe allgemein eine Bedeutung, indem sie die möglichen klimatischen Verhältnisse zwischen der extrem trockenen Küste und der Pinus canariensis-Waldgrenze annähernd wiedergeben. Unter den Bedingungen, wie sie die Klimadiagramme von Santa Cruz de Tenerife zeigen, ist die Busch- und Sukkulentenvegetation der unteren waldfreien Stufe im Süden Tenerifes von Natur aus optimal entwickelt. An schattigen Sonderstandorten finden sich bereits selten Arten wie *Olea europaea* asp. *cerasiformis*, *Pistacia atlantica*, *Juniperus phoenicea*, die suboptimale Lorbeerwaldstandorte besiedeln. Wie man zum Beispiel im südlichen Anaga-Gebirge, in der Ladera de Güimar und an der Montaña de Guaza im Süden sehen kann, gedeihen selbst mesomorphe Arten wie *Ranunculus cortusifolius* und relativ großblättrige winterregengrüne Büsche an Sonderstandorten dieser Klimastufe. Expositionsunterschiede spielen hier eine große Rolle.

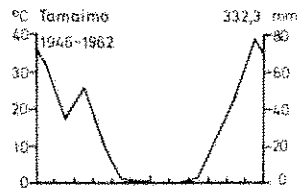


Abb. 8

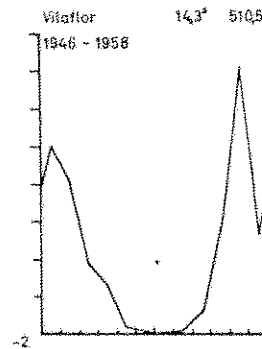


Abb. 9

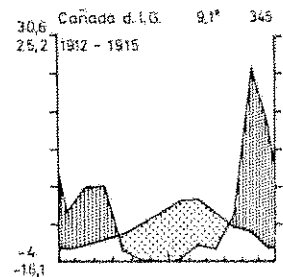


Abb. 10

Tamaimo (Abb. 8)

Daten aus HUETZ DE LEMPS (1969).

Station: Höhe über dem Meer: 700 m. Nach der Karte 1:25000 liegt der Ort zwischen 550 und 600 m.

Beobachtungsjahre: 1946-1962, davon 1947 und 1950 unvollständig.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: 332,2 mm in den 15 vollständigen Jahren.

Kurve der mittleren monatlichen Niederschläge: Errechnet aus allen verfügbaren Monatsmitteln der 17 Jahre.

Die Temperaturverhältnisse in Tamaimo, über die keine Angaben vorhanden sind, lassen sich noch bedingt mit denen von Santa Cruz de Tenerife vergleichen, nur würde die Kurve der mittleren Monatstemperaturen vermutlich etwas tiefer verlaufen. Im ganzen ähnelt dieses Klimadiagramm denen von Santa Cruz de Tenerife, da auch hier einem milden humiden Winter ein heißer arider Sommer gegenübersteht. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, liegt das Gebiet von Tamaimo im unteren Randbereich der *Pinus canariensis*-Waldstufe.

Vilaflor (Abb. 9)

Daten aus HUETZ DE LEMPS (1969).

Station: Höhe über dem Meer: 1616 m. Nach der Karte 1:25000 liegt der Ort um 1400 m. Vielleicht stammen die Werte vom Forsthaus, das sich etwa in 1516 m Höhe befindet.

Vollständige Temperaturangaben sind nicht verfügbar, so daß hier die Kurven der mittleren Monatstemperaturen von Izaña und Cañada de la Grieta zum Vergleich herangezogen werden müssen. Die Temperaturkurve von Vilaflor dürfte mit ziemlicher Sicherheit in Bezug auf ihre Höhe und die jahreszeitlichen Unterschiede zwischen denen von Santa Cruz de Tenerife und denen von Izaña liegen. Wesentlich ist, daß sich die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen schon deutlicher bemerkbar machen als in tieferen Lagen.

Vilaflor liegt mitten in den südlichen *Pinus canariensis*-Wäldern, die hier ihre Maximalhöhe von fast 40 m erreichen. An Sonderstandorten kommen bis hier hinauf noch Lorbeerwaldarten vor. Expositionsunterschiede sind in dieser Stufe und darunter von besonderer Bedeutung, im Gegensatz zu höheren Lagen Tenerifes, wo unter dem Einfluß des betonten tages- und jahreszeitlichen Temperaturwechsels und der oft extrem niedrigen relativen Luftfeuchtigkeit an fast allen Standorten trockenheits- und kälteempfindliche Arten dominieren. In der Höhenlage von Vilaflor hingegen ist in schattig-feuchten Felshängen, Steilwänden und Barrancos eine artenreiche Busch- und Krautvegetation aus winterregengrünen und immergrünen Arten zu finden. Stemsukkulente sind hier nicht mehr anzutreffen. Oberhalb der Höhenstufe, aus der das Klimadiagramm stammt, kommt an Bäumen neben *Pinus canariensis* nur noch vereinzelt *Juniperus cedrus* vor.

Cañada de la Grieta (Abb. 10)

Station: Höhe über dem Meer: 2130 m; MÄGDEFRAU (1944) und SUNDING (1972): 2100 m. Nach der Karte 1:25000: 2078 m nahe der Mitte der Cañada.

Beobachtungsjahre: HUETZ DE LEMPS (1969): 1912-1915; MÄGDEFRAU (1944): ohne Angabe.

Kurve der mittleren monatlichen Niederschläge: Nach MÄGDEFRAU (1944).

Tiefstes mittleres Monatsminimum: HUETZ DE LEMPS (1969): -4° im Dezember.

Höchstes mittleres Monatsmaximum: HUETZ DE LEMPS (1969): $25,2^{\circ}$ im August.

Das Klimadiagramm gibt eine gute Vorstellung von den klimatischen Verhältnissen der hochgelegenen Cañadas. Die Niederschlagsverteilung ähnelt der von Vilaflor und Izaña, nur daß die Cañadas insgesamt etwas trockener sind. Die Temperaturkurve ist denen der Klimadiagramme von Izaña auffällig ähnlich. Die großen tages- und jahresszeitlichen Temperaturunterschiede lassen diesen Teil Teneriffes für kanarische Verhältnisse als extrem erscheinen. Ein nächtlicher Kaltluftsee von besonderer Ausdehnung bildet sich häufig am Fuße des Pico de Teide im Llano de Ucanca, wo auch mit 1994 m die tiefste Stelle der Cañadas erreicht wird. Hier macht sich auf Tenerife das im Klimadiagramm der Cañada de la Grieta aufgezeigte extreme Klima wahrscheinlich am stärksten bemerkbar.

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, liegen die Cañadas in der oberen baumarmen bis -freien Stufe. Pinus canariensis ist hier nur noch in den Felsen am Rande der Cañadas anzutreffen. Juniperus cedrus hat dagegen seinen Verbreitungsschwerpunkt in dieser Klimastufe (Abb. 3). Großflächig wird die Vegetation bis weit hinauf an die Hänge des Pico de Teide von Spartocytisus nubigenus und anderen mehr oder weniger halbkugelförmigen kleinblättrigen Büschen dominiert, die stellenweise fast flächenbedeckende Bestände bilden können. Innerhalb der Cañadas befinden sich mit Sedimenten aufgefüllte abflußlose Senken, in denen fast gar keine Vegetation zu finden ist. Das extreme Klima dieser Gebiete alleine ist jedoch nicht ausreichend, um das Fehlen von Vegetation zu erklären. Vielmehr bieten die in der langen Trockenzeit lockeren, pulvrigen Böden ungünstigere Bedingungen für das Aufkommen von Vegetation als die graugigen, spalten- und steinreichen Böden anderer Standorte derselben Klimastufe.

Izaña (Abb. 11 u. 12)

Da die Klimadiagramme von OBERDORFER (1965) und WALTER (1966) identisch sind, wird nur OBERDORFER zitiert.

Beobachtungsjahre: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 1922-1941; OBERDORFER (1965): 1922-1941; HUETZ DE LEMPS (1969): 1901-1930, Niederschläge für 1916-1966, davon 1945 unvollständig, Temperaturen für 1944-1961; BOLLHARDT (1972): Niederschläge für 1944-1969, davon 1945 unvollständig, Temperaturen für 1944-1969, ohne die Jahre 1962 und 1963.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 368,7 mm; OBERDORFER (1965): 369 mm; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 509 mm, für 1916-1945: 404,6 mm, für 1944-1961: 581,7 mm; BOLLHARDT (1972): 553,6 mm. Nach eigenen Rechnungen für 1916-1969 ohne das Jahr 1945: 480,2 mm (Abb. 12). Die Werte für 1901-1930 wurden zum Teil extrapoliert, da die Daten unvollständig waren. Die Niederschlagswerte in diesem Zeitraum erscheinen etwas zu hoch.

Kurve der mittleren monatlichen Niederschläge: Für 1901-1930 nach HUETZ DE LEMPS (1969). Die Werte erscheinen, wie erwähnt, etwas zu hoch. Für 1916-1969 ohne Januar 1945 nach eigenen Rechnungen (Abb. 12).

Mittlere Jahrestemperatur: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): $9,3^{\circ}$; OBERDORFER (1965): $9,3^{\circ}$; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: $9,2^{\circ}$; BOLLHARDT (1972): $9,6^{\circ}$ (Abb. 12).

Tiefstes mittleres Monatsminimum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 1° im Februar; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: $0,1^{\circ}$ im Februar.

Absolutes Minimum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951) und OBERDORFER (1965): $-7,8^{\circ}$; HUETZ DE LEMPS (1969): $-9,1^{\circ}$ am 20. März 1921.

Höchstes mittleres Monatsmaximum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 21,7° im August; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 22,1° im August.

Absolutes Maximum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 28,7°; HUETZ DE LEMPS (1969) ohne Angaben des Zeitraumes: 28,7°.

Kurve der mittleren Monatstemperatur: Für 1901-1930 nach HUETZ DE LEMPS (1969). Für 1944-1969 ohne die Jahre 1962 und 1963 nach BOLLHARDT (1972) (Abb. 12).

Monate mit absolutem Minimum unter 0°: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): alle Monate außer Juni bis September; OBENDORFER (1965): alle Monate außer Mai bis September.

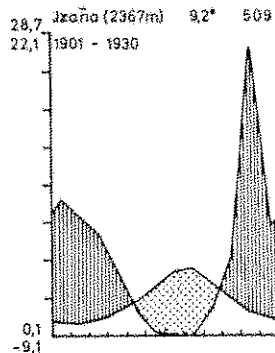


Abb. 11

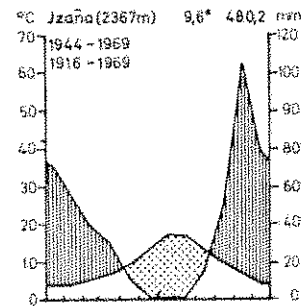


Abb. 12

Am Beispiel von Izaña wird deutlich, warum es ratsam erschien, die bisher von den Kanaren vorliegenden Klimangaben und -diagramme sehr kritisch zu beurteilen. Das in der botanischen Literatur bislang verwendete Klimadiagramm von Izaña bezog sich auf den Zeitraum von 1922-1941, der im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (Abb. 12) sehr trocken war. So mußte es leicht erscheinen, die obere Waldgrenze ohne Widersprüche aus der Niederschlagsabnahme zu erklären. Tatsächlich aber ähneln sich die revidierten Klimadiagramme von Izaña und Vilaflor in Bezug auf die Niederschlagsverteilung und -menge in auffälliger Weise. Die wesentlichen Unterschiede hingegen liegen in der Eigenart des kanarischen Hochgebirgsklimas. Oberhalb der Waldgrenze ist die Bewölkung geringer als in mittleren Gebirgslagen, selbst im Vergleich zum verhältnismäßig wolkenarmen Süden Tenerifes. In Vilaflor macht sich die Wolkendecke durch ihren temperatursenkenden Einfluß und höhere relative Luftfeuchtigkeit bemerkbar. Der ökologisch hier weniger wichtige Nebelniederschlag ist in den südlichen *Pinus canariensis*-Wäldern sehr selten und unregelmäßig, in der oberen waldfreien Stufe an wolken- und windexponierten Stellen hauptsächlich auf die Winterzeit beschränkt. Beim Zustandekommen der Waldgrenze spielen also mehrere Umweltfaktoren eine Rolle, einschließlich der edaphischen, was bisher zu wenig beachtet wurde.

Die Vegetation der höchsten Teile der Cumbre, also des waldfreien Gebietes nordöstlich der Cañadas, wird von *Spartocytisus nubigenus* bestimmt, der vor allem auf den in dieser Gegend vorherrschenden Lapilli- und Ascheböden dominiert. Da die Cumbre insgesamt etwas feuchter und nebelreicher ist als die hinter Bergen gelegenen Cañadas, befinden sich schon von etwa 2000 m an abwärts in Nordhängen vereinzelt etwas feuchtigkeitsbedürftigere Arten der Waldstufe, wie *Erica arborea*, *Eustropogon* sp., *Greenovia aurea*, *Hypericum grandifolium* und andere. Die Obergrenze der *Pinus canariensis*-Wälder liegt in der Cumbre wahrscheinlich zwischen etwa 2000 und 2200 m. Die Böden der hohen Cumbre sind auf Grund ihrer Entstehung aus Aschen und Lapilli arm an größeren Steinen und verhältnismäßig tiefgründig. An wenig bewachsenen Stellen kann man lokal Strukturböden finden, deren Polygone vermutlich in der feuchten Jahreszeit durch den großen Temperaturwechsel entstehen. Offenbar sind diese Erscheinungen auf den Kanaren bisher nicht beachtet worden.

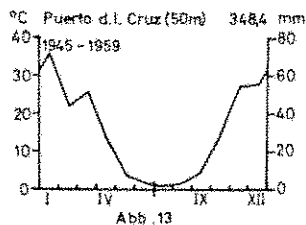
An dieser Stelle muß auch das Klima der Gebiete besprochen werden, die höher als Cañada de la Grieta und Izaña liegen, insbesondere des Pico de Teide-Massivs. Das trockene Hochgebirgsklima zeigt die erwähnten Eigenschaften der beiden genannten Stationen in noch ausgeprägterer Weise, indem die vermutlich zwischen etwa 300 und 400 mm liegenden mittleren Jahresniederschläge fast ausschließlich im Winter in Form von Hagel oder Graupeln fallen, wenn es zu Einbrüchen von maritimer polarerer Luft kommt. Die Südhänge tauen selbst im Tiefwinter meist schon in wenigen Tagen oder Wochen ab, wobei ein Großteil des Wassers verdunstet. Nur an Nordhängen und in Rinnen hält sich die Schneedecke oft bis zum Frühjahr. In der etwa bei 3360 m gelegenen Cueva del Hielo ist sogar noch im Sommer Schnee-Eis zu finden. Die Temperaturverhältnisse ähneln denen von Cañada de la Grieta und Izaña, nur daß sich mit der Zunahme der Höhe allgemein die Temperaturabnahme bemerkbar macht.

Auf älteren Gesteinen findet man *Spartocytisus nubigenus* noch um 3000 m lokal in dichten Beständen, die höchsten Fundpunkte der Art liegen aber noch höher. Auf Bimssteingrus und ähnlichen Lavastandorten kommt in dieser Stufe auch *Viola cheiranthifolia* vor. Nur in den allerhöchsten, aus jungen Gesteinen bestehenden Teilen des Pico de Teide sind Spermatophyten sehr selten. Es ist fraglich, ob die Obergrenze von *Spartocytisus nubigenus* klimatisch bedingt ist oder nicht. Der floristische Wandel von der Waldgrenze zum 3716 m hohen Pico de Teide ist zwar auffällig, insbesondere durch die sehr deutliche Abnahme der Artenzahl, aber bis auf den flächenmäßig unbedeutenden Gipfelbereich des Pico de Teide wird die ganze obere waldfreie Stufe von *Spartocytisus nubigenus* und ihm ökologisch nahestehenden Holzpflanzen dominiert.

Puerto de la Cruz (Abb. 13)

Daten aus HUETZ DE LEMPS (1969).

Die Temperaturverhältnisse in Puerto de la Cruz dürften mit denen in La Paz große Ähnlichkeit haben, so daß dieses Diagramm ohne Schwierigkeiten vervollständigt gedacht werden kann. Es hat Gültigkeit für große Teile der Nordküste Teneriffes. Die natürliche Vegetation ist hier nur streckenweise vergleichbar mit der unteren waldfreien Stufe des Südens (Abb. 2). Unter dem zusätzlichen Einfluß der im Norden häufigen Bewölkung kommen Lorbeerwaldarten noch heute vereinzelt bis an die Küste vor, an der aber durch die geringen Niederschläge und höhere Sättigungsdefizite der Luft großflächig keine Lorbeerwaldvegetation mehr möglich ist. *Juniperus phoenicea* kann in der trockenen Klimastufe des Nordens Bestände bilden, zum Beispiel bei Icod de los Vines.



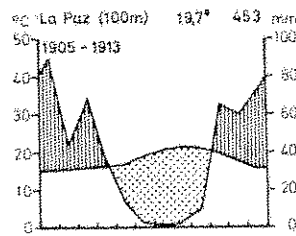


Abb. 14

La Paz (Abb. 14)

Daten nach einem Klimadiagramm aus WALTER und LIETH (1960-1967) und HUETZ DE LEMPS (1969).

Station: WALTER und LIETH (1960-1967): Puerto de Orotava. Puerto de la Orotava ist der alte Name von Puerto de la Cruz, in dessen Nähe sich La Paz befindet (Abb. 1), von wo die Daten offenbar stammen.

Dieses Klimadiagramm stimmt in Bezug auf den Jahresgang von Temperatur und Niederschlägen weitgehend mit dem von Puerto de la Cruz überein, nur sind die Niederschläge insgesamt etwas höher.

Ein derartiges Klima ist im Norden Tenerifes in der Höhenstufe anzutreffen, in der die Lorbeerwälder von Natur aus allgemein in die untere baumarme Stufe des Nordens übergehen würden. Diese Gebiete sind, da auch viele Sonderstandorte in ihnen liegen, floristisch und vegetationskundlich von besonderem Interesse, aber zuvor kaum untersucht worden. Winterregengrüne, zum Teil großblättrige und auffällige Büsche spielen hier neben Stauden- und Blattsukkulanten, trockenheitsertragenden Lorbeerwald- und Hartlaubgehölzen eine besondere Rolle. *Bosca yervamora*, *Maytenus canariensis*, *Pistacia atlantica*, *Juniperus phoenicea*, *Dracaena draco*, *Apollonias berujana*, *Ardisia bahamensis*, *Sideroxylon marmulosa*, *Olea europaea* asp. *cerasiformis*, *Rhamnus crenulata* und sehr viele andere Holzpflanzen kommen in dieser Stufe vor, die nach oben rasch in Lorbeerwaldgebiete mit höheren Niederschlägen und stärkerer Bewölkung übergeht.

Die suboptimalen Lorbeerwaldstandorte, die etwa dem Klimatypus von La Paz entsprechen, sind sehr charakteristisch für die Kanarischen Inseln. Der Reichtum an Arten und Lebensformen an derartigen Stellen ist darauf zurückzuführen, daß sich durch Unterschiede des Reliefs edaphische und mikroklimatische Verschiedenheiten auf kleinem Raum ergeben.

Icod de los Vinos (Abb. 15)

Daten aus HUETZ DE LEMPS (1969).

Höhe über dem Meer: 200 m, was eine nur ungefähre Höhenangabe sein dürfte.

Beobachtungsjahre: Für die Temperatur 1945-1962, wovon die Jahre 1959 und 1962 unvollständig sind.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: 1921-1947: 395 mm; 1944-1962: 465,2 mm. In einer Karte von HUETZ DE LEMPS (1969): 420 mm als wahrscheinliches langjähriges Mittel.

Mittlere Jahrestemperatur: Errechnet aus den 16 vollständigen Jahren des Zeitraumes 1945-1962.

Kurve der mittleren Monatstemperaturen: Errechnet aus allen verfügbaren Monatsmitteln des Zeitraumes 1945-1962. Sie gleicht der von La Paz weitgehend, und auch die Niederschlagsverhältnisse dürften sehr ähnlich sein.

Für die Küstengebiete mit anstehendem alten Gestein gilt hier dasselbe wie für La Paz. Auf jüngerer Lava aus sauren Trachyten reichen im Gebiet um Icod de los Vinos die *Pinus canariensis*-Wälder und viele ihrer Begleitpflanzen bis nahe an die Küste heran (Abb. 2). Sie gedeihen hier großflächig unter klimatischen Bedingungen, bei denen *Pinus canariensis* sonst nicht mehr im Norden vorkommt.

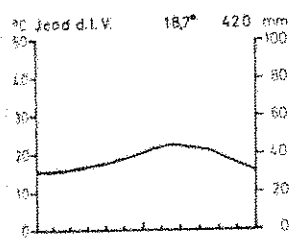


Abb. 15

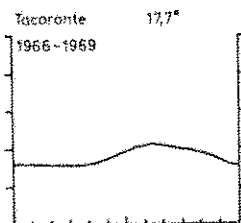


Abb. 16

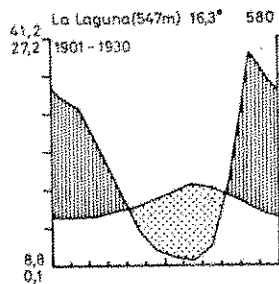


Abb. 17

Tacoronte (Abb. 16)

Daten aus KERNER (1962), HUETZ DE LEMPS (1969) und BOLLHARDT (1972).

Höhe über dem Meer: BOLLHARDT (1972): 447 m, was die Höhe des Meßpunktes Tacoronte der Karte 1:25000 ist.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: KERNER (1962): 440 mm; BOLLHARDT (1972): 550 mm; HUETZ DE LEMPS (1969): 709 mm. Bei den beiden ersten Autoren ist der Zeitraum nicht genannt, und die letzte Angabe dürfte sich kaum auf Tacoronte beziehen, eher auf eine höher gelegenen Station, wie zum Beispiel das Forsthaus von Agua García, das zur Gemeinde Tacoronte gehört.

Die Niederschlagsverhältnisse dürften in Tacoronte etwa zwischen denen von La Paz und La Laguna liegen.

Die Kurve der mittleren Monatstemperaturen zeigt eine für die Kanaren typische jahreszeitliche Asymmetrie, die vor allem unter dem Einfluß des Atlantischen Ozeans zustandekommt.

Auf allen bisher von Tenerife veröffentlichten Vegetationskarten liegt etwa in Tacoronte die Grenze zwischen dem Lorbeerwaldgebiet und der unteren waldfreien Stufe. Noch heute sind aber um und unterhalb von Tacoronte *Laurus azarica*, *Myrica faya*, *Erica arborea* und andere Arten der Lorbeerwälder auch auf Normalstandorten zu finden, so daß kein Zweifel daran bestehen kann, daß Tacoronte eigentlich zum geschlossenen Lorbeerwaldareal gehört (Abb. 2). Die Niederschläge sind hier ausreichend hoch, um bei der allgemeinen leichten Nordexposition des Geländes und dem ausgleichenden Einfluß der oft dichten Bewölkung Lorbeerhochwälder zu ermöglichen. Nebelniederschlag kann in dieser Stufe bereits vorkommen, ist jedoch sehr selten und ökologisch unbedeutend.

La Laguna (Abb. 17)

Beobachtungsjahre: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 1911-1945; OBERDORFER (1965): 1911-1945; WALTER (1968): 36 Jahre; HUETZ DE LEMPS (1969): 1901-1930.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 568,4 mm; OBERDORFER (1965): 568 mm; WALTER (1968): 594 mm; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 580 mm. Die Werte für 1901-1930 wurden zum Teil extrapoliert, da die Daten unvollständig waren. Die Niederschlagswerte in diesem Zeitraum erscheinen etwas zu hoch.

Mittlere Jahrestemperatur: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 16,2°; OBERDORFER (1965): 16,2°; WALTER (1968): 16,5°; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 16,3°.

Tiefstes mittleres Monatsminimum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 8,7° im Februar; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 8,8° im Februar.

Absolutes Minimum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 0,1°; OBERDORFER (1965): 0°; WALTER (1968): 0,0°; HUETZ DE LEMPS (1969): 0,3° im Januar 1951. Die von OBERDORFER (1965) und WALTER (1968) in Klammern hinzugefügten -10,0°: 1869 sind sehr unwahrscheinlich.

Höchstes mittleres Monatsmaximum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 25,8° im August; HUETZ DE LEMPS (1969) für 1901-1930: 27,2° im August.

Absolutes Maximum: CEBALLOS und ORTUÑO (1951): 41,2° am 4. August 1911; HUETZ DE LEMPS (1969): 41,2° ohne Angabe des Zeitpunktes.

Dieses Klimadiagramm kann als gutes Beispiel für das Klima der im Norden Tenerifes weit verbreiteten normalen Lorbeerwälder gelten (Abb. 2). Im Gebiet von La Laguna dürften von Natur aus Lorbeerhochwälder mit *Persea indica* und anderen Arten der optimalen Lorbeerwaldstandorte vorkommen. Nebelniederschlag ist in dieser Stufe, die sehr häufig im Schatten der Wolkendecke liegt noch so selten, daß er ökologisch kaum von Bedeutung ist. Unter den allgemeinen Klimabedingungen dieser Höhenstufe Tenerifes ist die Wasserversorgung besonders auf tiefgründigen Standorten ausreichend, um die Dominanz feuchtigkeitsbedürftiger und anspruchsvollerer Baumarten zu ermöglichen.

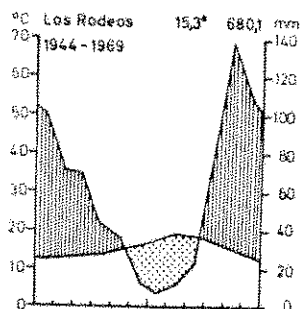


Abb. 18

Los Rodeos (Abb. 18)

Höhe über dem Meer: HUETZ DE LEMPS (1969): 630 und 636 m; BOLLHARDT (1972): 641 m. Nach der Karte 1:25000 etwa 625 m.

Beobachtungsjahre: HUETZ DE LEMPS (1969) für Niederschläge: 1944-1966, davon 1953 unvollständig; außerdem 1945-1962. Für Temperaturen: 1944-1966, davon 1945, 1951 und 1966 unvollständig; außerdem 1950-1959. BOLLHARDT (1972) für Niederschläge: 1944-1969, ohne 1963. Für Temperaturen: 1944-1969, davon 1945 und 1951 unvollständig.

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge: HUETZ DE LEMPS (1969) für 1945-1962: 692 mm, für die 22 vollständigen Jahre von 1944-1966: 678,3 mm; BOLLHARDT (1972) für die 25 vollständigen Jahre von 1944-1969: 680,1 mm.

Kurve der mittleren monatlichen Niederschläge: Nach BOLLHARDT (1972), ohne 1963.

Mittlere Jahrestemperatur: HUETZ DE LEMPS (1969) für 1950-1959: 15,1°; BOLLHARDT (1972) für die 24 vollständigen Jahre von 1944-1969: 15,3°.

Kurve der mittleren Monatstemperaturen: Nach BOLLHARDT (1972), errechnet aus allen verfügbaren Monatsmitteln.

Das Klima von Los Rodeos zeigt gegenüber dem von La Laguna schon Eigenschaften der oberen Lorbeerwaldstufe, insbesondere des Anaga-Gebirgskammes. Die sommerlichen Monatsmittel der Temperaturen liegen nicht so hoch, und die aride Jahreszeit wird immer unbedeutender. Los Rodeos ist die einzige der hier besprochenen Stationen mit regelmäßigem leichtem Nebelniederschlag, der auch im Sommer vorkommt. Intensität und Häufigkeit des Nebelniederschlags sind hier jedoch im Vergleich zum Anaga-Gebirgskamm und zur Cumbre so gering, daß der zusätzliche Wassergewinn fast vernachlässigt werden könnte.

Die Klimadiagramme des Anaga-Gebirgskammes, wo Nebelniederschlag lokal zu allen Jahreszeiten auftritt und die Bewölkung allgemein sehr stark ist, dürften im Vergleich zu Los Rodeos etwas niedrigere, aber typisch ozeanische Kurven der mittleren Monatstemperaturen haben. So ergibt sich bei insgesamt höheren Niederschlägen eine aride Jahreszeit im Sinne des Klimadiagrammes, die nur etwa halb so groß ist wie die entsprechende Fläche im Klimadiagramm von Los Rodeos.

In der Cumbre zwischen La Laguna und Izaña, wo in mittleren Gebirgslagen Nebelniederschlag vor allem im Winterhalbjahr lokal häufig ist, würden die Klimadiagramme zwischen denen von La Laguna und Los Rodeos einerseits und Izaña und Villafra andererseits liegen. Mit zunehmender Höhe macht sich zwar

bis mindestens 1100 m die Niederschlagsaerhöhung ähnlich wie im Anaga-Gebirge bemerkbar, aber besonders darüber sind die sommerliche Trockenheit und das extreme Hochgebirgsklima von wachsender ökologischer Bedeutung.

Unabhängig von der Lage des Ortes auf den Kanaren ist sein Klima, wie die wenigen Beispiele von Tenerife gezeigt haben, dem der übrigen Winterregengebiete ähnlich. Während die Abstufung der Aridität und Ozeanität in den Klimadiagrammen von Tenerife zum Ausdruck kommt, müssen die Angaben über die Bewölkungsverhältnisse, die Evapotranspiration und den Nebelniederschlag als zusätzliche Kriterien zur Beurteilung der Lebensbedingungen für die Vegetation berücksichtigt werden.

6. Strahlungsklima

In früheren ökologischen oder vegetationskundlichen Veröffentlichungen wurde die Bedeutung der Strahlung (Licht und Temperatur) gegenüber der des Umweltfaktors Wasser vernachlässigt. In dieser Arbeit wird versucht, beiden Faktoren gerecht zu werden, um den Einfluß des Nebelniederschlags kritisch beurteilen zu können.

Die Bewölkungsverhältnisse (s. Abschnitt 6.2) sind ökologisch von großer Bedeutung, da sie direkt mit den Umweltfaktoren Licht, Temperatur und Wasser in Beziehung stehen. Unabhängig davon, ob Nebelniederschlag stattfindet oder nicht, beeinflusst die Bewölkung die Lebensbedingungen der Vegetation auf den Kanaren entscheidend. Die Beschattung durch Wolken wirkt sich unter anderem auch auf die Stoffproduktion von Pflanzen, insbesondere von Bäumen, aus. Dies geht z.B. aus den Messungen von SCHULZE (1970) hervor, der (in einem mitteleuropäisch-montanen Buchenwald) Lichtmangel als den hauptsächlich produktionsbegrenzenden Faktor erkannte. Es liegen umfangreiche eigene Beobachtungen zur räumlichen und jahreszeitlichen Verteilung der Bewölkung von allen Inseln des Kanarischen Archipels und von Madeira vor. Davon werden hier nur die in Bezug auf den Nebelniederschlag wichtigen Daten von Tenerife genannt.

6.1 Einfluß von Sonnenstand, Tageslänge und Relief auf das Strahlungsklima

Aus der Lage der Kanaren in der Nähe des nördlichen Wendekreises folgt, daß sich die Sonne im Sommer mittags fast im Zenit befindet und auch in den übrigen Jahreszeiten im Vergleich zu den gemäßigten Breiten hoch am Himmel steht. Die maximale Tageslänge beträgt auf den Kanarischen Inseln etwa 14 Stunden und die minimale etwa 10,5 Stunden. Die Strahlungsmesoklimate werden durch die vertikale und horizontale Wolkenverteilung sowie durch reliefbedingte Expositionsdifferenzen bestimmt. Es ist bezeichnend, daß die Lorbeerwälder der Kanaren im wesentlichen auf die Nordabdachung der Insel beschränkt sind, wo sich die Nordexposition großräumig ökologisch günstig auf die Wasserbilanz auswirkt. Ähnliches gilt für die Mikrokimate der Barrancos und Felswände des Nordens und Südens der Insel. Infolgedessen ist es nicht leicht, die ökologische Bedeutung des Nebelniederschlags, der überwiegend an Nordhängen oder darüber liegenden Hügeln und Graten vorkommt, sicher zu beurteilen.

6.2 Einfluß der Bewölkung auf das Strahlungsklima

Flüssige oder feste Stoffe, die als Aerosole in der Troposphäre in Schwebelage gehalten werden, vermindern die Strahlungsdurchlässigkeit der Lufthülle. Wie in anderen subtropischen und tropischen Gebirgen ist auf den Kanaren vor allem in den wolkenreichsten Teilen Tenerifes und La Gomeras eine Verminderung der Stoffproduktion durch häufige Beschattung anzunehmen. Jedenfalls werden in diesen Gebieten die normalen Lorbeerwälder durch einen mittelhohen bis niedrigen Waldtyp ersetzt (Kapitel 4.11 und 4.12). Die Baumarten der übrigen Lorbeerwälder sind hier selten und erreichen nicht ihre maximale Wachshöhe.

Bei den großen regionalen, jahres- und tageszeitlichen Unterschieden der vertikalen und horizontalen Wolkenverteilung ist es schwierig, verlässliche allgemeine Aussagen über das zu machen, was in der bisherigen Literatur pauschal als "Wolkenstufe" der Kanarischen Inseln bezeichnet wurde. Daraus ergibt sich auch, daß es nicht zweckmäßig sein kann, die Höhen- und Vegetationsstufen der Kanaren wie bisher schematisch danach zu gliedern, ob sie sich unter, in oder

über den Wolken befinden. Die Lorbeerwälder liegen nach meinen Untersuchungen die längste Zeit unterhalb der Wolkendecke. Wie noch näher ausgeführt werden wird, ist schon aus diesem Grunde der Nebelniederschlag in vielen Lorbeerwäldern auf eng umgrenzte Gebiete, wie die Anaga- und Teno-Gebirgskämme oder die Pinus canariensis-Lorbeermischwälder der Cumbre, beschränkt, wo er jeweils von verschiedener ökologischer Bedeutung sein kann.

Von großer Wichtigkeit sind die Wolkendecken, die sich im Zusammenhang mit den anschließend beschriebenen Wittertypen bilden. Abbildung 19 und Tabelle 1 entstanden unter Verwendung statistischer Unterlagen in HUETZ DE LEMPS (1969) für vier charakteristische Jahre aus dem Zeitraum 1946-1965. Es wurden zu diesem Zweck folgende Wittertypen unterschieden:

- A. Maritimer Passat als Auswirkung des atlantischen Hochs. Bewölkung unterhalb der Inversionsfläche:
 - AA. sehr schwach bewölkt,
 - AB. Strato-cumuluswolkendecke (mittlere Bewölkungsdichte),
 - AC. stark bewölkt.
- B. Kontinentaler saharischer Wind aus Osten, ohne Wolken:
 - BB. Hitzewelle,
 - BC. gemäßigte Temperaturen.
- C. Störungen mit starker Bewölkung:
 - CC. Einbruch maritimer polarer Luft aus Norden bis Nordwesten, von schwacher (sch.), mittlerer (mi.) oder starker (st.) Intensität;
 - CD. Einbruch maritimer tropischer Luft aus Süden bis Südwesten, von schwacher (sch.), mittlerer (mi.) oder starker (st.) Intensität;
 - CE. Sonstige Störungen tropischer Herkunft.

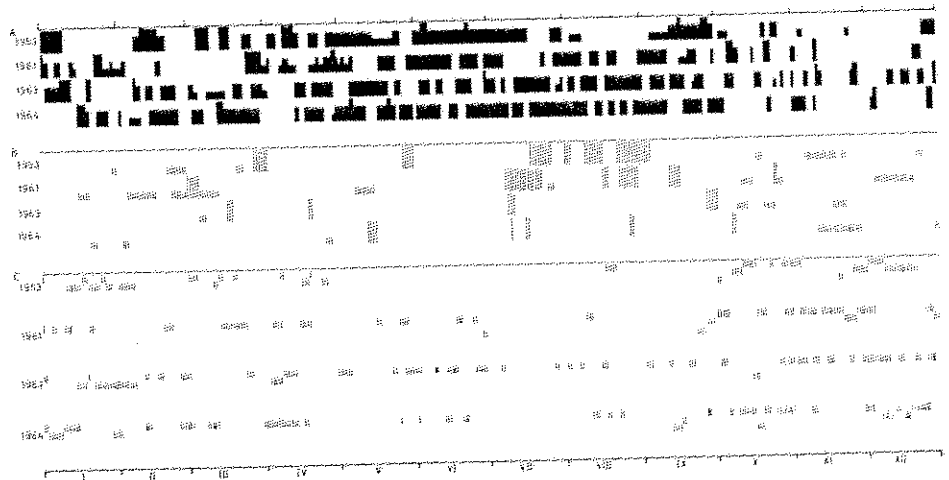


Abb. 19: Jahreszeitliche Abfolge der Wittertypen A, B, C in den Jahren 1953, 1961, 1963 und 1964 (nach statistischen Unterlagen in HUETZ DE LEMPS, 1969).

Wittertypen:

AA = niedriger Block	AB = mittlerer Block	AC = hoher Block
BB = langer Strich	BC = kurzer Strich	
CC = obere Reihe	CD = mittlere Reihe	CE = untere Reihe

Diese Typisierung und die Zuordnung des Wettergeschehens eines bestimmten Tages zu einem der genannten Typen sind aus drei Gründen nicht unproblematisch:

1. Besonders im Winter besteht die relativ kühle und feuchte Luft des maritimen Passats zu einem Teil aus von Norden zuströmender, sich erwärmender maritimer polarer Luft. Oft ist die Dauer einer Störung schwierig zu bestimmen. Sie kann jedoch als beendet gelten, wenn die Inversionsfläche wieder hergestellt ist.

2. Die atmosphärische Zirkulation nahe der Meeresoberfläche ist häufig verschieden von der in größeren Höhen. Das Klima der Küsten ist sehr viel einheitlicher als das mittlerer Höhen zwischen etwa 500-1500 m, wo sich Hitze- und Kaltluft einbrüche stärker auswirken. Der ausgleichende Einfluß des Meeres auf das Klima ist groß. So kann in Santa Cruz de Tenerife eine frische Brise wehen, während in Los Rodeos Hitze herrscht. Kälteeinbrüche machen sich in Izaña viel stärker bemerkbar als an der Küste. Die in Abbildung 19 und Tabelle 1 wiedergegebenen Wittertypen beziehen sich daher auf Daten aus der mittleren Stufe, in der auch die Stationen La Laguna (547 m) und Los Rodeos (ca. 623 m) liegen.

3. Die horizontalen Unterschiede innerhalb des sich über rund 500 km erstreckenden Archipels sind ebenfalls zu beachten. So kann bei Regenfall auf den Westinseln gleichzeitig auf den Ostinseln sonniges Wetter herrschen; der umgekehrte Fall ist hingegen seltener.

Die folgende Beschreibung der Wittertypen, insbesondere in Bezug auf die Winde sowie die horizontale und vertikale Wolkenverteilung, beruht auf eigenen regelmäßigen Beobachtungen zu allen Jahreszeiten und in den verschiedenen Gebieten Tenerifés während meines Aufenthaltes auf den Kanarischen Inseln.

Tab. 1: Häufigkeit von Wittertypen in Tagen pro Jahr
(nach statistischen Unterlagen in HUETZ DE LEMPS, 1969).

Wittertyp	1953	1961	1963	1964
AA	29	24	16	6
AB	114	112	163	191
AC	41	22	14	16
<u>A</u>	<u>184</u>	<u>158</u>	<u>193</u>	<u>203</u>
BB	45	38	13	11
BC	34	66	19	29
<u>B</u>	<u>79</u>	<u>104</u>	<u>32</u>	<u>40</u>
CC				
sch.	20	68	92	37
mi.	25	19	15	59
st.	0	0	3	0
<u>CC</u>	<u>45</u>	<u>87</u>	<u>110</u>	<u>96</u>
CD				
sch.	12	6	7	7
mi.	25	0	17	10
st.	16	5	3	3
<u>CD</u>	<u>53</u>	<u>11</u>	<u>27</u>	<u>20</u>
CE	4	5	3	7
<u>C</u>	<u>102</u>	<u>103</u>	<u>140</u>	<u>123</u>

Wenn sich das atlantische Hoch in abgeschwächter Form im Gebiet der Kanaren selbst befindet, entsteht der Wassertyp AA mit überwiegender Windstille, leichten Winden aus verschiedenen Richtungen oder gelegentlich mit schwachem Ostwind, der den Übergang zu Wassertyp B anzeigt. Die vertikale Struktur der Troposphäre ist dadurch gekennzeichnet, daß die Wolkenobergrenze kaum höher liegt als 1300 m, meist jedoch um 1000 m, also verhältnismäßig tief. Die häufigste Wolkenform ist der Stratocumulus mit einer Mächtigkeit von nur wenigen Hundert Metern. In großen Höhen können Cirren vorhanden sein. Der Anteil an afrikanischem Staub in der Luft ist relativ hoch. Im Bereich von Tenerife ist die Bewölkung allgemein gering, und der Himmel ist maximal zur Hälfte bedeckt. Besonders am Nachmittag können sich die Wolken in unmittelbarer Nähe der Insel etwas verdichten. Ein "normales" Bild der Wolkenverteilung läßt sich für diesen Wassertyp kaum angeben. Die tägliche Sonnenscheindauer ist nahezu maximal, nur im Wolkenbereich etwas niedriger. Dieser über das ganze Jahr verstreut auftretende Wassertyp (Abb. 19) herrscht in den vier untersuchten Jahren an jeweils 6-29 Tagen, im Durchschnitt an 19 Tagen (Tab. 1).

Wenn sich das atlantische Hoch nordwestlich der Kanaren befindet, entsteht der Wassertyp AB mit Winden aus Norden bis Nordosten, die im Sommer stärker wehen als zu den übrigen Jahreszeiten. Abbildung 20 zeigt die Verteilung der Winde im Bereich von Tenerife. Für das Verständnis der Bewölkungs- und Nebelniederschlagsverhältnisse ist die Kenntnis der in unmittelbaren Bereich der Insel wehenden Winde wichtig. Diese werden nach meinen regelmäßigen Beobachtungen von ihrer allgemeinen Nordnordost-Richtung in den meisten Teilen Tenerifes abgelenkt, so daß sie lokal häufig aus Nordosten oder Ostnordosten kommen. In dieser Hinsicht ist von Bedeutung, daß die Inselgestalt etwa einem nach Nordosten ausgezogenen Dreieck gleicht, dessen beide Langseiten unterschiedlich stark vom Nordnordost-Passat betroffen werden, während die Kurzseite bei diesem Wind das Lee der Insel mit entgegengesetztem schwachem Wind darstellt (Abb. 1). Da die nördliche Langseite nach Nordnordwesten geneigt ist, gibt es dort einen Gradienten abnehmender Bewölkung vom Anaga- zum Teno-Gebirge. Dem etwa kegelförmig aufgebauten Zentrum der Insel sind im Westen das Teno-Gebirge und im Osten die Cumbre und das Anaga-Gebirge vorgelagert. In diesen drei Gebieten mit ihren mehr oder weniger quer zu Hauptwindrichtung verlaufenden schmalen Graten werden regelmäßig Wolken über die Kämme hinwegbewegt, so daß dort öfter als in anderen Inselteilen die wesentlichen Voraussetzungen für das Zustandekommen des Nebelniederschlags gegeben sind. Besonders im Anaga-Gebirge fließen die Wolken im Sommer oft wasserfallartig über die Grate, hinter denen sie sich rasch auflösen. Im Anaga-Gebirge kommt der Wind meist aus Nordnordosten, im übrigen Norden der Insel überwiegt aus Nordosten und im Südostteil, besonders während des Sommers, aus Ostnordosten. Im Lee der Insel zwischen dem Teno-Gebirge und dem südlichsten Punkt Tenerifes herrscht häufig leichter Südwestwind.

Die Wolkenobergrenze befindet sich kaum jemals über 1700 m und selten unter 600 m. Sie liegt durchschnittlich im Sommer und Herbst tiefer als im Frühjahr und Winter. Die Stratocumuluswolkenbänke sind nur wenige Hundert Meter dick. Ihre Untergrenze liegt im Nordosten, besonders im Anaga-Gebirge, meist tiefer als im übrigen Norden der Insel und am höchsten im Südosten, Süden und Südwesten Tenerifes. Cirren sind in großen Höhen häufig vorhanden, und die Luft ist im Sommer oft sehr dunstig. Der Norden der Insel, insbesondere das Anaga-Gebirge, ist wolkenreicher als der Südosten, Süden und Südwesten Tenerifes, die aber nicht wolkenfrei sind, wie man bisher vermutet hatte. Die tägliche Sonnenscheindauer erreicht nur oberhalb der Wolken und zum Teil auch an der Küste häufig ihr mögliches Maximum. Dieser im Sommer gehäuft auftretende Wassertyp (Abb. 19) herrscht an 112-161 Tagen im Jahr, im Durchschnitt an 143 Tagen (Tab. 1).

Wenn sich die Kanaren am Südrand einer Störung befinden, entsteht der Wassertyp AC mit Westwind. Die Bewölkungsverhältnisse haben Ähnlichkeit mit denen des bereits beschriebenen Wassertyps AB. Dieser besonders im Winter auftretende Wassertyp (Abb. 19) herrscht an 14-41 Tagen im Jahr, im Durchschnitt an 23 Tagen (Tab. 1).

Das Strahlungsklima des ökologisch sehr wichtigen Wassertyps A, der insgesamt an 158-203 und durchschnittlich an 185 Tagen im Jahr auftritt (Tab. 1), wird bestimmt durch die relativ niedrige Wolkenobergrenze und charakteristische Unterschiede zwischen der Nordseite Tenerifes und den übrigen Gebieten der Insel (Abb. 20).

Bei kontinentalem saharischem Wind aus Osten ist die Bewölkung sehr schwach oder fehlt. Die Wolkenobergrenze liegt tief, meist unter 1000 m, und die

Die Dicke der Wolken ist nur gering. Normalerweise herrscht dunstiges Wetter, da der Anteil an afrikanischem Staub in der Luft sehr hoch ist. Die tägliche Sonnenscheindauer erreicht allgemein fast ihr mögliches Maximum. Dieser über das ganze Jahr verstreute Wittertyp B (Abb. 19) tritt an 32-104 Tagen pro Jahr, im Durchschnitt an 64 Tagen auf (Tab. 1).

Beim Einbruch von maritimer polarer Luft aus Norden bis Nordwesten liegt die Wolkenobergrenze selten unter 1700 m. Meist befindet sie sich bei 2000-2400 m, unter bestimmten Umständen aber noch wesentlich höher. Die Wolkenschicht ist mehrere Hundert Meter mächtig, so daß deren Untergrenze häufig zwischen 900 und 1400 m liegt. Die Luft ist überwiegend klar, und Cirren können in großen Höhen vorhanden sein. Besonders der Norden der Insel, aber auch alle anderen Teile Tenerifes, sind bewölkt, so daß auch die meisten Küstengebiete beschattet werden. Nur oberhalb der Wolken wird die maximal mögliche Sonnenscheindauer erreicht. Für Einbrüche von maritimer tropischer Luft aus Süden bis Südwesten und für sonstige Störungen tropischer Herkunft gilt ähnliches, nur daß in diesen Fällen der Südosten, Süden und Südwesten Tenerifes am stärksten bewölkt sind. Störungen treten besonders im Winterhalbjahr auf, gelegentlich aber auch in der übrigen Jahreszeit (Abb. 19). Wittertyp C herrscht an 102-140 Tagen im Jahr, durchschnittlich an 117 Tagen (Tab. 1). Niederschläge fallen fast ausschließlich bei diesem Wittertyp.

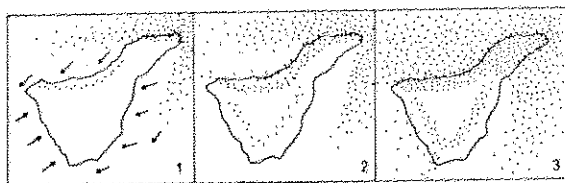


Abb. 20: Tenerife. Winde und Wolkenverteilung an Sommertagen bei Passatwetter. 1 schwach, 2 normal, 3 stark bewölkt.

Die jahreszeitlichen Schwankungen der mittleren monatlichen Wolkenobergrenze auf Tenerife sind in Abbildung 21 dargestellt (vergleiche Kapitel 5.3). Nach meteorologischen Daten (HURT DE LEMPS 1969) und eigenen Beobachtungen ergibt sich im einzelnen folgendes Bild: Die mittlere monatliche Obergrenze des Wolkenmeeres in den Monaten Juni bis September beträgt durchschnittlich 1335 m, mit einem Minimum der mittleren monatlichen Obergrenze von nur 1230 m im August. Im Winter dagegen liegt die mittlere monatliche Obergrenze des Wolkenmeeres durchschnittlich über 1500-1600 m, mit einem Maximum der mittleren monatlichen Obergrenze von 1670 m im Dezember. Im Juli befindet sich das Wolkenmeer nur in 21,4 % der Beobachtungen über 1500 m, in 46,4 % zwischen 1000 und 1500 m und in 32,2 % unter 1000 m; im Dezember oder Februar hingegen nur in 10 % unter 1000 m und in 60 % über 1500 m. Die Wolkendecke wird bei Einbrüchen maritimer polarer Luft angehoben und bei kontinentalen saharischem Wind gesenkt, was sich auch im Jahresgang der mittleren Wolkenobergrenze bemerkbar macht. Zur Ausbildung eines typischen Wolkenmeeres aus Stratocumulus kommt es in den verschiedenen Jahreszeiten mit ungleicher Häufigkeit. Im Juni (96,7 %) und Juli (93,5 %) ist es fast jeden Tag vorhanden, im Dezember (54,8 %) und im November (53,3 %) dagegen nur an etwa der Hälfte der Tage. Die Abnahme der Häufigkeit im Winter erklärt sich durch Störungen aus der temperierten Zone, die das normalerweise herrschende Passatwetter unterbrechen.

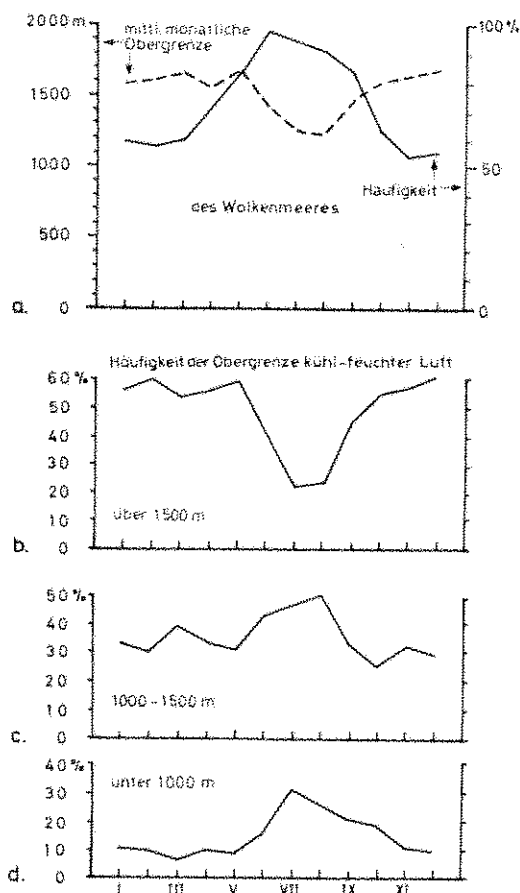


Abb. 21: Vertikale Wolkenverteilung auf Tenerife 1939-1950 (nach HUETZ DE LEMPS, 1969, verändert).

a: Kurven der mittleren monatlichen Obergrenze (gestrichelt) und Häufigkeit des Wolkenmeeres (ausgezogen).

b-d: Kurven der mittleren monatlichen Häufigkeit der Obergrenze der unteren kühlen und feuchten Luftschicht über 1500 m, zwischen 1000 und 1500 m und unter 1000 m.

Tageszeitliche Schwankungen des Wolkenmeeres sind häufig zu beobachten. Während des ganzen Jahres wird normalerweise auf Tenerife das Minimum der Wolkendichte morgens und das Maximum nachmittags erreicht. Die Wolkenhöhe hat ihr Maximum gegen Mittag; es liegt in der Regel rund 100-200 m über dem Minimum.

Allgemein befindet sich die Wolkenuntergrenze nach meinen Beobachtungen im Norden der Insel häufig bei 900-1100 m, in den übrigen Teilen Tenerifes durchschnittlich etwas höher. Die Mächtigkeit der Wolkenschicht ist normalerweise auf der jeweiligen Luv-Seite der Insel am größten.

Die durchschnittliche Zahl wolkenloser Tage im Jahr betrug 1901-1930 in Santa Cruz de Tenerife (37 m) 71 Tage, mit einem Minimum von 2 Tagen im Pe-

bruar, November und Dezember und einem Maximum von 17 Tagen im August. Für La Laguna (547 m) sind die entsprechenden Werte 51 Tage im Jahr, 4 Tage als Minimum im Mai, November und Dezember und 14 Tage als Maximum im August; für Izaña (2367 m) 171 Tage im Jahr, 8 Tage als Minimum im Oktober und November und 25 Tage als Maximum im Juli. Mit durchschnittlich 3376,7 Sonnenstunden im Jahr werden hier 74 % der möglichen Insolation erreicht. In der Cañada de la Grieta übertraf die Zahl der wolkenlosen Tage 1912-1915 (229 Tage im Jahr) diejenige von Izaña noch wesentlich.

Das Maximum der Insolation wurde auf Tenerife im Hochgebirge und an der Südost-, Süd- und Südwestküste beobachtet, das Minimum in mittleren Gebirgs-lagen des Nordens der Insel, insbesondere im Anaga-Gebirge (Abb. 20).

6.3 Einfluß der Vegetation auf das Strahlungsklima

Die verschiedenen Vegetationstypen auf den Kanaren tragen in unterschiedlichem Maße zur Beschattung des Bodens bei, da sie in Struktur, Dichte und jahreszeitlich schwankendem Belaubungsgrad voneinander abweichen.

In den Gebieten oberhalb der *Pinus canariensis*-Wälder spielt die Beschattung des Bodens durch Pflanzen nicht die gleiche Rolle wie in den Wäldern. In der unteren baumarmen oder -freien Stufe wäre die Vegetation von Natur aus zum Teil so dicht, daß sie im Winterhalbjahr den Boden weitgehend von der direkten Besonnung ausschließen würde. Im Sommer dagegen, wenn viele der Büsche ihre Blätter abgeworfen haben, ist dieses Buschland auch im Naturzustand sehr licht.

Während in *Pinus canariensis*-Wäldern ein Teil des Sonnenlichtes direkt den Boden erreicht, sind die Lorbeerwälder normalerweise so geschlossen, daß in natürlichen Beständen diffuses Licht vorherrscht. Für die meisten Lorbeerwälder ist Lichtarmut ein bestimmender Faktor, da nicht nur die schattende Wirkung der Baumschicht groß ist, sondern auch viele dieser Wälder an Nordhängen wachsen, die häufig in Wolken gehüllt sind. Insbesondere im Kammbereich des Anaga-Gebirges und an den unmittelbar daran anschließenden Nordhängen sind die Wälder fast ständig dem Nebel ausgesetzt und düster. Zahlreiche Kräuter, trockenheitsempfindliche Farne, Sträucher und auch Bäume vermögen im Unterwuchs dieser Wälder zu wachsen, soweit sie nur feucht genug und nicht allzu schattig sind.

Einige Beispiele von Lichtmessungen an den in Kapitel 7.2 beschriebenen Meßstellen sind nachstehend angeführt. In den lichten *Pinus canariensis*-Wäldern (8a) ist die in der Mittagszeit am Erdboden gemessene absolute Beleuchtungsstärke im Waldessinnern an einem Nebeltag im Vergleich zu den dichteren Lorbeerwäldern (21a) verhältnismäßig hoch: 7500 Lux am 6.4.1971 bei der Station 8a und 1100 Lux am 3.4.1971 bei 21a. Doch beträgt die relative Beleuchtungsstärke selbst am Boden der letzteren noch fast 4 %, d.h. so viel wie in manchen mitteleuropäischen Buchenwäldern (EBER 1972).

7. Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Sättigungsdefizit und Evaporation

7.1 Mesoklimatische Untersuchungen

Die in der Überschrift genannten Faktoren lassen sich am besten gemeinsam behandeln, da sie voneinander abhängen. Die in Abbildung 1 eingetragene Meßstrecke im Grotava-Tal wurde neben anderen Strecken zu allen Jahreszeiten und bei verschiedenen Wetterlagen 37mal während der Mittagszeit befahren, um mit dem Psychrometer nach Asmann die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit am unbewachsenen Boden und in 1,5 m Höhe über diesem in den verschiedenen Höhenstufen der Insel zu messen.

Als Meßstrecke diente die Straße von Izaña nach Puerto de la Cruz (Abb. 1). Sie führt durch alle Hauptvegetationsstufen, die im Norden von Tenerife ausgebildet sind (Abb. 2). Die Meßfahrten wurden an Tagen ausgeführt, die mit wenigen Ausnahmen zufällig über die Jahreszeiten verteilt waren. Die in den Kapiteln 5.1 und 6.2 besprochenen Wittertypen sind unter den 37 Meßfahrten anteilmäßig hinreichend vertreten. Das Befahren der Meßstrecke vom Gebirge zur Küste während des mittäglichen Temperaturmaximums dauerte jeweils etwa

ein bis zwei Stunden, so daß die in den einzelnen Höhenstufen nacheinander gemessenen Werte vergleichbar sind. Je nach Wetterlage wurden die Einzelmessungen im Abstand von ein bis wenigen Hundert Höhenmetern vorgenommen, insbesondere in der Nähe von Inversionsflächen, die an Dunst- oder Wolkengrenzen kenntlich sind. Zur Messung wurde in der Nähe der Straße in mehr oder weniger ebenem und offenem Gelände ein Psychrometer 0,5 cm über dem von Pflanzen nicht oder kaum beschatteten Boden ausgelegt und ein zweites 150 cm hoch darüber in die Luft gehalten.

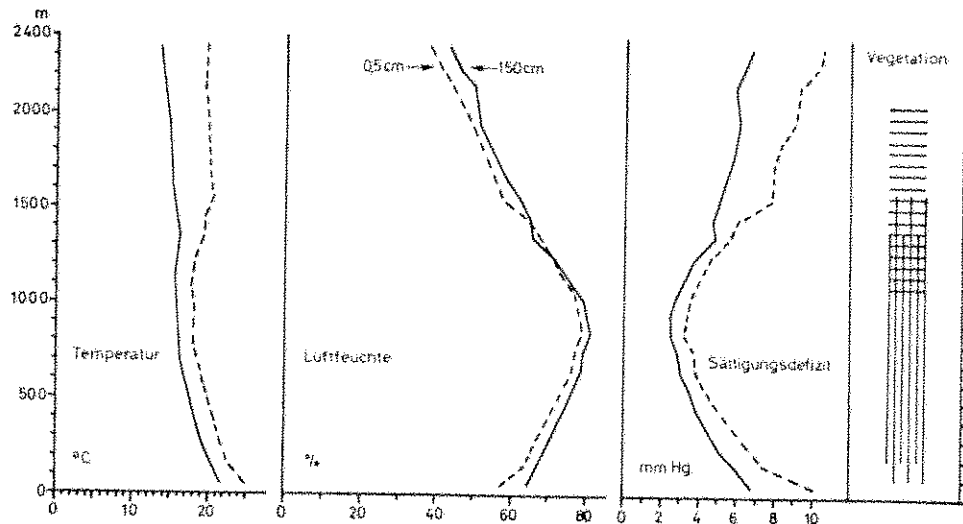


Abb. 22: Profile der Mittel ($n = 37$) von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte und Sättigungsdefizit der Luft entlang der Meßstrecke im Ortava-Tal. Vegetationsstufung wie in Abb. 2.

In Abbildung 22 sind die Mittel aus allen Meßfahrten zusammengestellt, wobei einige Werte interpoliert werden mußten. Wie erwähnt, erfolgten die Einzelmessungen bei bestimmten Wetterlagen in Luftschichten mit offensichtlich linearen vertikalen Gradienten im Abstand von mehreren Hundert Höhenmetern. Die zur Erstellung der Abbildungen 22-25 benötigten Zwischenwerte ließen sich ohne Schwierigkeiten interpolieren. Die in Abb. 22 dargestellten Kurven sowie die Abbildungen 23-25, aus denen sich die jahreszeitlichen Veränderungen erschen lassen, sind für die am Ende dieses Kapitels folgende Interpretation der Vegetationsstufung (Abb. 2) von besonderer Bedeutung. Als Ergebnis der Meßfahrten werden die ökologisch wichtigen relativen Unterschiede der Höhenstufen deutlich. Diese Daten sind jedoch mit den an meteorologischen Stationen festgestellten Mittelwerten nur bedingt vergleichbar.

Die mittäglichen Lufttemperaturen 0,5 und 150 cm über dem Boden nehmen mit zunehmender Meereshöhe nur wenig ab, da sich die Temperaturinversion und die starke Einstrahlung in hohen Gebirgslagen bemerkbar machen. Während das Minimum der Lufttemperatur 1,5 m über dem Boden zwischen 2300 und 2400 m erreicht wird, liegt es nahe der Bodenoberfläche zwischen 1000 und 1100 m. Oberhalb von 1400 m ist der Temperaturunterschied zwischen der Luft am Boden und in 1,5 m Höhe auffällig groß. In der Lorbeerwaldstufe, die häufig im Schatten von Wolken liegt, sind die Lufttemperaturen am Boden auch im Freien vergleichsweise niedrig.

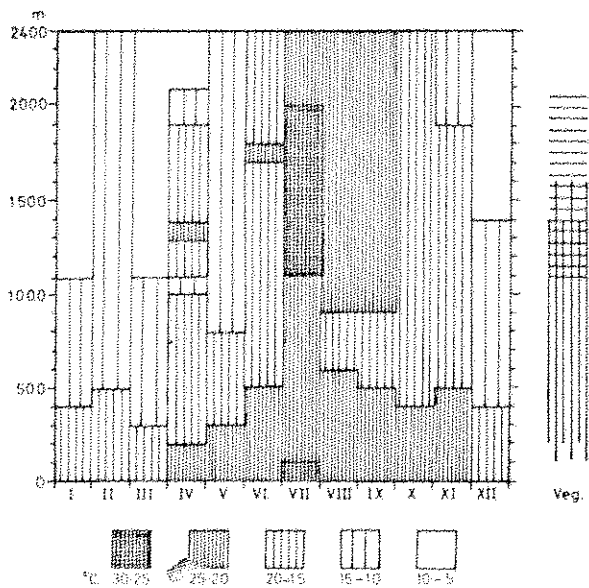


Abb. 23: Verteilung von Monatsmittelklassen ($n = 37$) der Lufttemperatur in 150 cm Höhe entlang der Meßstrecke im Grotava-Tal. Vegetationsstufung wie in Abb. 2.

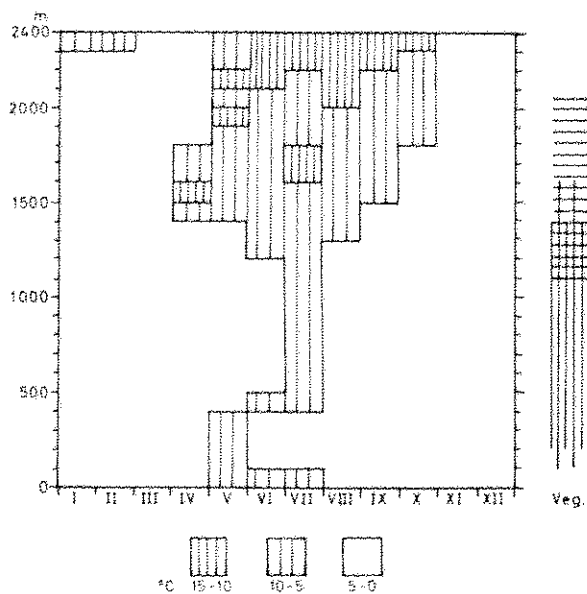


Abb. 24: Verteilung von Monatsmittelklassen ($n = 37$) der Lufttemperaturdifferenz zwischen 150 cm und 0,5 cm Höhe entlang der Meßstrecke im Grotava-Tal. Vegetationsstufung wie in Abb. 2.

In Abbildung 23 ist die jahreszeitliche Verteilung der zur Mittagszeit 1,5 m über dem Boden gemessenen Temperaturen dargestellt. Die in den Klimadiagrammen erscheinende jahreszeitliche Asymmetrie kommt hier ebenfalls dadurch zum Ausdruck, daß hohe Monatsmittel der Temperatur vorwiegend nach der Jahresmitte auftreten. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß sich die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede oberhalb von 1100 m stark auswirken. In *Pinus canariensis*-Wäldern werden im Sommer hohe Temperaturen erreicht, während die mittäglichen Temperaturen im Winter gering bleiben. Lorbeerwälder liegen dagegen in einer ganzjährig relativ warmen Stufe, in der jedoch hohe Temperaturen selten sind.

Charakteristisch für *Pinus canariensis*-Wälder und das oberhalb anschließende Buschland ist ein Strahlungsklima mit bedeutenden Unterschieden zwischen der Lufttemperatur am Boden und 1,5 m darüber (Abb. 24). In der oft beschatteten Lorbeerwaldstufe bleibt dieser Temperaturunterschied zu allen Jahreszeiten gering.

Die Sättigungsdefizite, die sich aus der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit ergeben (Abb. 25), sind im Mittel der 37 Messfahrten in der Lorbeerwaldstufe am niedrigsten. Besonders hohe Monatsmittel treten im Sommer in der *Pinus canariensis*-Waldstufe und oberhalb derselben auf.

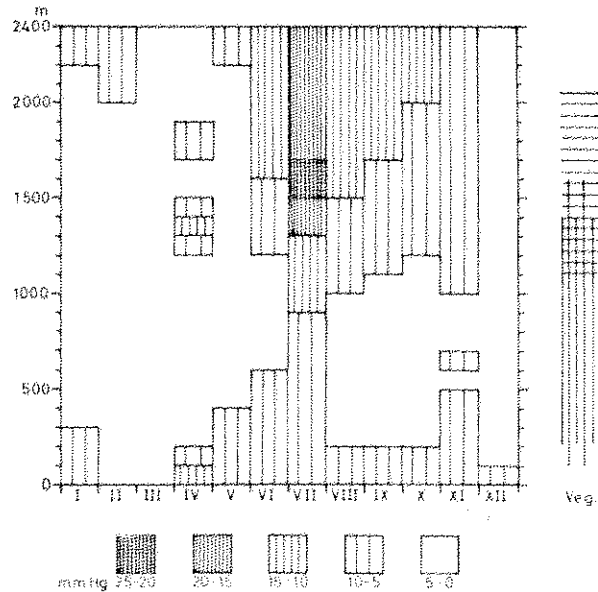


Abb. 25: Verteilung von Monatsmittelklassen ($n = 37$) des Sättigungsdefizits der Luft in 190 cm Höhe entlang der Meeresküste im Orotava-Tal. Vegetationsstufung wie in Abb. 2.

Für die Interpretation der Vegetationsstufung im Norden von Tenerife sind die mesoklimatischen Daten aus dem Orotava-Tal wichtig, da hier Nebelniederschlag selten und unregelmäßig ist und somit andere Faktoren von entscheidender Bedeutung sein müssen. Die in Abbildung 22 dargestellten Kurven des mittleren Sättigungsdefizits geben spiegelbildlich, aber mit anderen Max-Werten, etwa den Verlauf der Niederschlagskurve wieder. In Gebieten mit den höchsten mittleren Sättigungsdefiziten sind die Niederschläge am geringsten. Zwischen 500 und 1100 m sind niedrige mittlere Sättigungsdefizite mit den höchsten mittleren Jahresniederschlägen kombiniert. Auf Grund des raschen Klimawandels oberhalb dieser Höhenstufe ist die Ausbildung feucht-kühler Klimate nur auf Gebirgsrücken oder -kuppen möglich, die kaum höher als etwa 500-1100 m sind, z.B. im

Anaga-Gebirge und in Teilen von La Gomera. Dort wird der genannte Klimacharakter noch durch dichte Bewölkung, heftige Winde und Nebelniederschläge verstärkt. Während in diesen wind- und wolkenexponierten Gebirgskämmen zwischen etwa 800 und 1100 m alle Klimafaktoren in Bezug auf den Wasserhaushalt relativ günstig zusammenwirken, ist dies an Hängen in gleicher Höhe über dem Meer sowie auf höher oder tiefer gelegenen Gebirgskämmen nicht mehr der Fall. Das zeigt sich z.B., wenn man das Anaga-Gebirge mit dem Teno-Gebirge oder der Cumbre vergleicht. Auch auf La Gomera ist der Unterschied zwischen Berggipfen in 800-1100 m und in 1300-1400 m Meereshöhe auffällig.

7.2 Mikroklimatische Untersuchungen

Die Bedeutung von Nebelniederschlägen für die Vegetation ergibt sich auch aus mikroklimatischen Messungen auf ausgewählten Probestellen. Zu diesem Zweck wurden Tagesgänge der Lufttemperaturen sowie der relativen Luftfeuchtigkeit und der Evaporation in verschiedener Höhe über dem Boden wöchentlich in der Cumbre nahe der Station 8 und im Anaga-Gebirge nahe der Station 21 gemessen (Abb. 1). An denselben Stellen wurden Niederschlagsmessungen mit zahlreichen Auffanggeräten am Boden von Pflanzenbeständen sowie Nebelniederschlagsmessungen nach Grunow durchgeführt (Kapitel 8.22).

Meßstelle 8a in der Cumbre: Pinus canariensis-Lorbeerwald

Lage: nordöstlich des Mirador de Ortuño, dicht unterhalb der Straße auf einer straucharmen Fläche innerhalb des lichten Waldes. Lambert-Koordinaten nach der Karte 1:25000: 329,13/388,35.

Höhe: etwa 1590 m, Exposition: Nordnordost, Hangneigung: etwa 20°.

Besondere klimatische Situation: windig, kühl, offensichtlich nebelniederschlagsreich.

Vegetation:	Menge	Wuchshöhe
Baumschicht		bis etwa 20 m
Pinus canariensis	5	
Strauchschicht		
Erica arborea	2-3	" " 7 m
Myrica faya	r	" " 3 m
Hypericum grandifolium	+	" " 1,5 m
Krautschicht		
Gräser	2	
Galium rotundifolium	+	
Origanum virens	+	
Pteridium aquilinum	+	
Asplenium adnigrum	r	
Andryala pinnatifida	+	

Epiphytische Moose und Flechten sehr häufig, zusammen ca. 45 % der Fläche von Stämmen und größeren Ästen bedeckend. Eng anliegende, flächig wachsende bis hängende Moose sowie Strauchflechten und Flechten vom Typ der Lungenflechte überwiegen. Bartflechten sind hingegen nicht häufig. (Über Artenzusammensetzung und Soziologie epiphytischer Kryptogamengesellschaften vgl. MÄGDEFRAU 1944, KLEMENT 1965 und SUNDING 1973).

Der Bestand ist anthropogen beeinflusst durch gelegentliches Entfernen des Unterwuchses und der Nadelstreu. Von Natur aus würden Pinus canariensis etwa 20-30 m, Myrica faya und Erica arborea etwa 5-10 m Höhe erreichen. Im Unterwuchs würden Erica arborea und Myrica faya über 70 % decken.

Meßstelle 21a im Anaga-Gebirge: Epiphytenreicher Lorbeerwald

Lage: westlich der Ermita Cruz del Carmen beim Forsthaus, dicht unterhalb des Weges auf einer straucharmen Fläche innerhalb des schattigen Lorbeerwaldes. Lambert-Koordinaten nach der Karte 1:25000: 341,95/402,85.

Höhe: etwa 915 m, Exposition: Nord bis Nordnordost, Hangneigung: etwa 25°.

Besondere klimatische Situation: windig, kühl, anscheinend nebelniederschlagsreich.

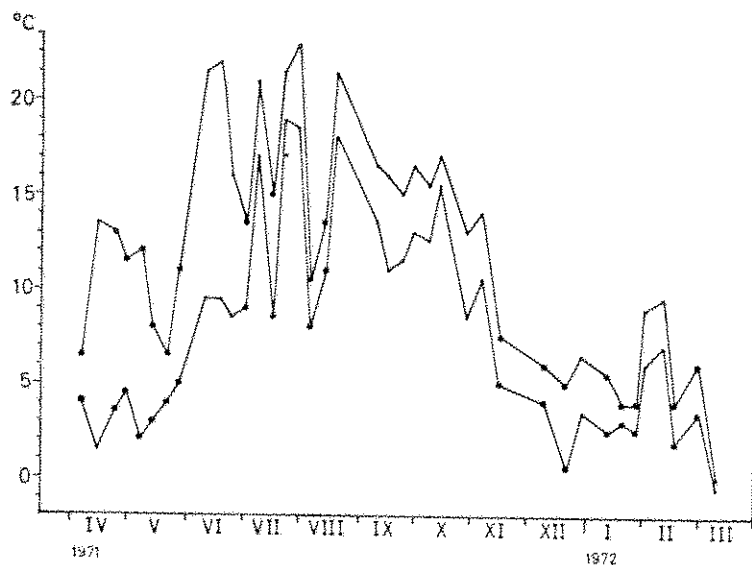


Abb. 26 (Cumbre)

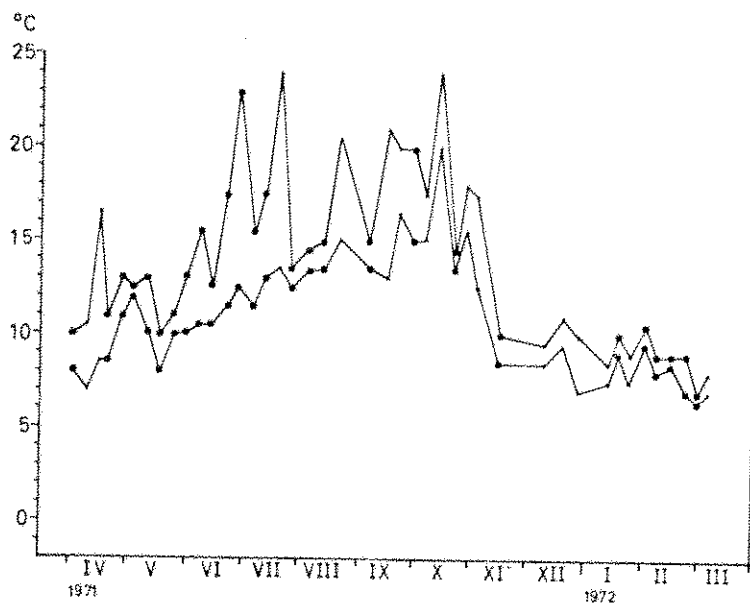


Abb. 27 (Anaga-Gebirge)

Abb. 26 u. 27: Beobachtete Maxima und Minima der Lufttemperatur am Boden in der Cumbre und im Anaga-Gebirge. Dicke Punkte = Tage mit Nebelniederschlag oder Nebel (zumindest zeitweilig). Die Linien geben nicht den tatsächlichen Jahresgang wieder, sondern verbinden Werte von wöchentlichen Messungen.

Vegetation: Baumschicht, bis etwa 10 m hoch		
<i>Erica scoparia</i> ssp. <i>platycodon</i>	3	
<i>Laurocerasus lusitanica</i> ssp. <i>nixa</i>	2	
<i>Myrica faya</i>	2	
<i>Laurus azorica</i>	2	
<i>Ardisia bahamensis</i>	1	
<i>Ilex canariensis</i>	1	
Strauchschicht, bis etwa 2 m hoch		
<i>Phyllis nobilis</i>	1	
<i>Ardisia bahamensis</i>	1	
<i>Semala</i> sp.	+	
<i>Hypericum grandifolium</i>	+	
<i>Senecio appendiculatus</i>	+	
<i>Ixanthus viscosus</i>	+	
Krautschicht, bis etwa 1 m hoch		
<i>Asplenium hemionitis</i>	+	
<i>Asplenium onopteris</i>	+	
<i>Dryopteris oligodonta</i>	+	
<i>Polystichum setiferum</i>	+	
<i>Pteridium aquilinum</i>	+	
<i>Luzula canariensis</i>	+	
<i>Ranunculus cortusifolius</i>	+	
<i>Galium rotundifolium</i>	+	
<i>Carex</i> sp.	+	

Bodenmoose, epiphytische Moose und Flechten sehr häufig. Epiphyten zusammen ca. 60 % der Fläche von Stämmen und größeren Ästen bedeckend. Frei hängende, bis etwa 30 cm lange epiphytische Moose dominieren über andere Wuchsformen sowie über Flechten vom Typ der Lungenflechte und die hier sehr seltenen Bartflechten.

Der Bestand ist anthropogen beeinflusst durch eine niederwaldartige Bewirtschaftung und gelegentliches Herausmarken der Laubstreu. Von Natur aus wäre dieser Wald etwa 15 m hoch.

In den Abbildungen 26-29 sind einige wichtige Mikroklimafaktoren in ihrer jahreszeitlichen Verteilung dargestellt, wie sie sich auf Grund der wöchentlichen Messungen, die mit wenigen Ausnahmen zufällig über die Jahreszeiten verteilt waren, ergibt. Das absolute Maximum und Minimum der bodennahen Lufttemperatur in der Zeit zwischen dem frühen Morgen und dem Nachmittag wurde mit ausgelegten Minimum- und Maximumthermometern an schattigen Stellen gemessen. Das maximale Sättigungsdefizit der Luft in 5, 25, 50 oder 150 cm Höhe während der genannten Meßzeiten ergibt sich aus der mit dem Psychrometer nach Almann gemessenen Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Da diese Messungen im Hinblick auf den Nebelniederschlag und seinen mikroklimatischen Einfluss ausgeführt wurden, sind in den Abbildungen alle Tage besonders gekennzeichnet, an denen Nebel oder Nebelniederschlag zumindest zeitweilig an der Meßstelle beobachtet wurde.

Die Temperaturunterschiede waren zu allen Jahreszeiten in der Cumbre besonders ausgeprägt. Tage mit Nebel oder Nebelniederschlag sind auch im Sommer ausgesprochen kühl. Im Vergleich zum Anaga-Gebirge fällt das in der Cumbre insgesamt kältere Winterhalbjahr auf, wogegen die Unterschiede zwischen beiden Gebieten im Sommer weniger ausgeprägt sind. Die Ozeanität des Waldesinnern im Anaga-Gebirge kommt durch geringe jahres- und tageszeitliche Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen zum Ausdruck.

Die maximalen Sättigungsdefizite der beiden nebelniederschlagsreichen Wälder, deren Vegetation so verschieden ist, weichen ebenfalls deutlich voneinander ab. Im Bereich des Anaga-Gebirgskammes, der nur selten oberhalb der Wolkenobergrenze liegt, sind die maximalen Sättigungsdefizite zu allen Jahreszeiten kleiner als in der Cumbre, in der sich nur bei tiefliegender Wolkendecke die Insolation und die geringe relative Luftfeuchtigkeit der oberen Klimastufe bemerkbar machen.

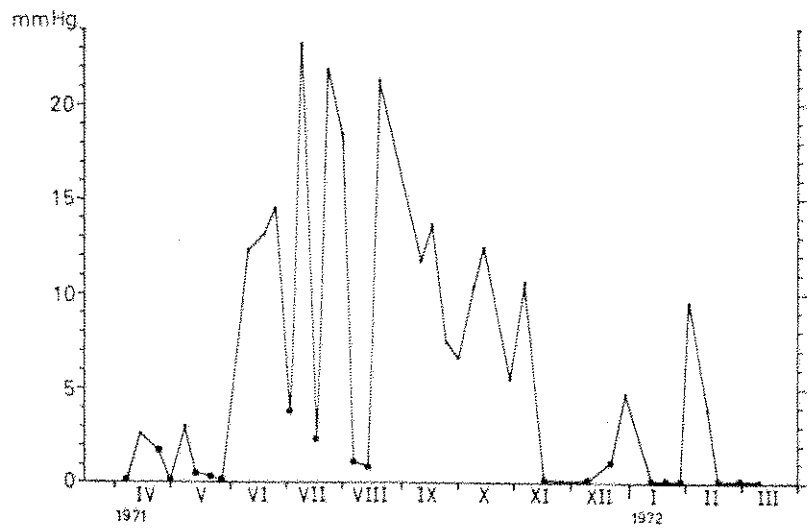


Abb.28 (Cumbre)

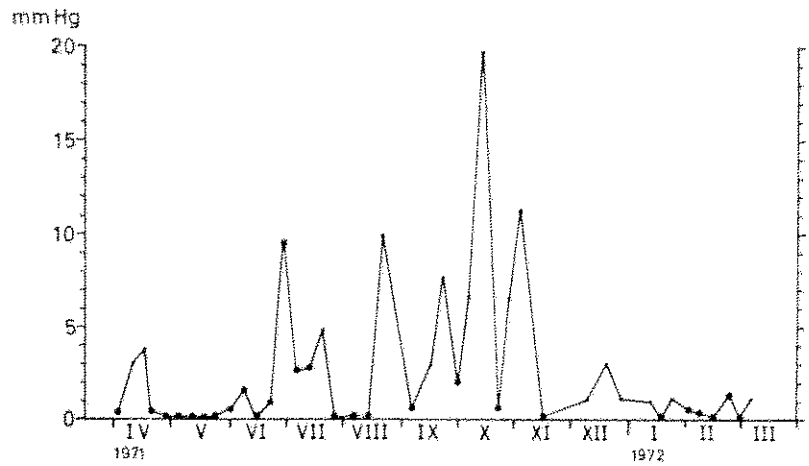


Abb.29 (Anaga-Gebirge)

Abb. 28 u. 29: Beobachtete maximale Sättigungsdefizite der Luft im Bereich von 5 - 150 cm Höhe über dem Erdboden in der Cumbre und im Anaga-Gebirge. Dicke Punkte = Tage mit Nebelniederschlag oder Nebel (zumindest zeitweilig). Die Linien geben nicht den tatsächlichen Jahresgang wieder, sondern verbinden Werte von wöchentlichen Messungen.

Diese vier ausgewählten Beispiele zeigen, daß der Nebelniederschlag mikroklimatisch mit niedrigen Temperaturen, geringen tageszeitlichen Temperaturschwankungen und niedrigen Sättigungsdefiziten der Luft kombiniert ist. Aus den Abbildungen 26-29 ist auch ersichtlich, daß die mikroklimatischen Begleiterscheinungen des Nebelniederschlags bei ständigem Wetterwechsel sowie überwiegend makro- und mesoklimatisch bedingten vertikalen Klimagradienten nur eine zusätzliche ökologische Bedeutung neben anderen Faktoren haben. Zahlreiche an beiden Profildächern zu allen Jahreszeiten gemessene Tagesgänge zeigen die gleichen klimatischen Begleitumstände des Nebelniederschlags.

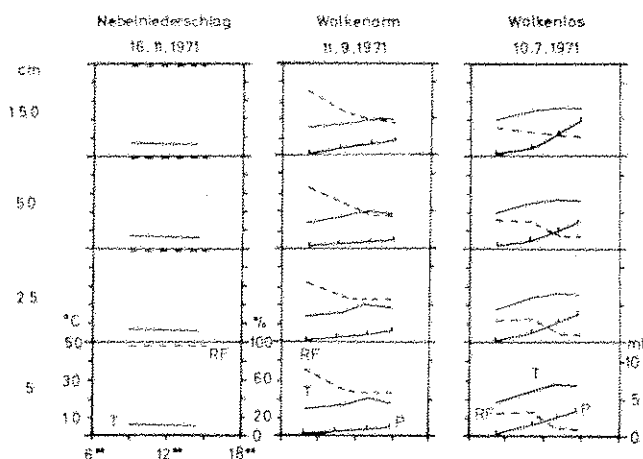


Abb. 30: Tagesgänge von Lufttemperatur (T), relativer Luftfeuchtigkeit (RF) und Fische-Evaporation (P) in der Cumbre (Meßstelle Sa) in verschiedenen Höhen über dem Erdboden.

In Abbildung 30 sind drei voneinander verschiedene Wettertypen nebeneinander gestellt, um die klimatischen Eigenschaften eines nebelniederschlagsreichen Tages mit denen von Strahlungstagen zu vergleichen. An Nebelniederschlagstagen nimmt die - ohnehin niedrige - Temperatur in der Cumbre wie im Anaga-Gebirge während des Tages häufig noch etwas ab statt zu. Eine Evaporation kann überhaupt nicht stattfinden. Wie aus den Abbildungen 26 und 27 sowie aus dem Tagesgang vom 16.11.1971 ersichtlich ist, sinken die Temperaturen auch an Nebelniederschlagstagen im Winterhalbjahr in der Cumbre häufig unter 5° und im Anaga-Gebirge oft unter 10°. Die vor Mäusen triefenden, windexponierten Wälder in der Nähe der Gebirgskämme sind besonders im Winterhalbjahr verhältnismäßig kalt, so daß schon bald nach Beginn der Geländearbeiten Zweifel an der herrschenden Meinung aufkamen, daß dieser Faktorenkombination günstige ökologische Auswirkungen auf die Waldvegetation der Kanaren zugesprochen werden müßten.

Der Tagesgang von Mikroklimafaktoren am 10.7.1971 ist ein Beispiel für lufttrockene Strahlungstage, an denen die Meßstelle höher liegt als die Wolkenobergrenze oder wolkenlose Dürre herrscht. Verhältnismäßig hohe Temperaturen und geringe relative Luftfeuchtigkeit sind für diese Wettertypen charakteristisch. Der 11.9.1971 war zwar wolkenarm, aber ziemlich luftfeucht. Bei bestimmten Wetterlagen mit doppelter Temperaturinversion oder Wolkendecke ist vor allem im Sommerhalbjahr eine ausgeprägte Dunstschichtung im Bereich der Kanaren zu beobachten, die sich auch auf das in der jeweiligen Höhenstufe gemessene Mikroklima, insbesondere auf die relative Luftfeuchtigkeit, auswirkt.

Die Schwankungen von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit ergeben sich aus dem Tagesgang der Insolation, die aber in den beiden näher untersuchten Gebieten Sa und 2/a auf Grund des Reliefs gering ist. Die auf den Kanaren für andere Expositionen und offenes Gelände typische hohe Mittagstemperatur

und sehr geringe relative Luftfeuchtigkeit werden in den nebelniederschlagsreichen steilen und schattigen Nordhängen der Cumbre (Ba) und des Anaga-Gebirgskammes (21a) nicht erreicht, so daß die Unterschiede der Tagesgänge von Mikroklimafaktoren zwischen diesen beiden Meßstellen und zwischen den einzelnen Wittertypen fließend und wenig ausgeprägt sind. Deshalb kann hier auf weitere Beispiele von Tagesgängen verzichtet werden.

8. Bedeutung des Nebelniederschlags im Vergleich zu den übrigen Niederschlagsarten

Inwieweit sich die beobachteten Wechsel der horizontalen und vertikalen Wolkenverteilung zu den verschiedenen Jahreszeiten und in verschiedenen Gegenden Tenerifens über die Umweltfaktoren Wasser und Strahlung auf die Vegetation auswirken, wurde in Kapitel 6 beschrieben und diskutiert. Von zumindest ebenso großer Bedeutung sind die räumlichen und jahreszeitlichen Variationen der Niederschläge auf Tenerife.

Die auf den Kanarischen Inseln vorkommenden Niederschläge lassen sich in drei Gruppen einteilen: 1. Fallender Niederschlag in flüssiger oder fester Form, 2. Nebelniederschlag in flüssiger oder fester Form sowie 3. Tau oder Reif. Durch Interzeption wird ein unterschiedlich großer Teil der Wassermenge jeder dieser drei Niederschlagsarten in der Vegetation zurückgehalten und verdunstet von dort direkt, erreicht also nicht den Boden.

Nebelniederschlag kommt dadurch zustande, daß sich ein Teil der vom Wind bewegten Wassertropfen, aus denen Wolken bestehen, an Hindernissen absetzt und von diesen zur Erde tropft. Da eine Wolke in der unmittelbaren Nähe der Erdoberfläche Nebel genannt wird, spricht man von Nebelniederschlag. Der Ausdruck Nebel-Niederschlag sollte der für dieselbe Erscheinung gelegentlich verwendeten Bezeichnung Nebel-Kondensation vorgezogen werden, weil man in der Meteorologie und in anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen als Kondensation gewöhnlich den Übergang von der gasförmigen in die flüssige Phase bezeichnet. Doch wird in der Literatur zuweilen von Nebel-Kondensation gesprochen, um das Absetzen des Nebels an Hindernissen unter der Einwirkung von Wind vom Nebel-Niederschlag als meßbares Produkt zu unterscheiden.

Die bisher vorliegende Literatur über den Nebelniederschlag auf den Kanaren wurde von SUMMING (1972) erwähnt. Auf vergleichenden Beobachtungen und Messungen beruhen nur die Arbeiten von CEBALLOS und ORTUÑO (1951, 1952), CEBALLOS (1953), GARCIA-PRIETO et al. (1960) sowie von PEREZ (1918). Seit diesen Untersuchungen gilt als erwiesen, daß in den Bergen einiger Inseln des Archipels unter Bäumen ein Wassergewinn von unter Umständen mehreren Tausend mm Nebelniederschlag erreicht werden kann. Dieses Ergebnis wurde ohne genaue Kenntnis der jahreszeitlichen und räumlichen Verteilung des Nebelniederschlags und ohne ökologische Interpretation verallgemeinert auf die ganze Waldstufe der Inseln übertragen. Bis in die neueste Literatur werden diese schematischen Vorstellungen weitergegeben, so daß es notwendig ist, die ganze Thematik im Rahmen klimatologischer, ökologischer und vegetationskundlicher Untersuchungen neu zu interpretieren (vgl. JUVIK und FERREIRA 1973).

8.1 Faktoren, die den Nebelniederschlag beeinflussen

Der Nebelniederschlag ist von mindestens fünf Faktoren abhängig: der Größe der Wassertropfen, der Dichte des Nebels, dem Wind, der Temperatur sowie der Gestalt, Größe und Oberflächenbeschaffenheit des Hindernisses (vgl. MERRIAM 1973).

Nach der Größe der Wassertropfen versucht man, (primär) "fallenden Niederschlag" von "Nebelniederschlag" (sekundär fallendem Niederschlag) zu unterscheiden. Bei fallendem Niederschlag erreicht das Wasser in flüssiger oder fester Form die Erdoberfläche auf Grund des Gewichtes seiner Teilchen. Bei Nebelniederschlag werden die normalerweise in der Schwebelage gehaltenen Wassertropfen vorwiegend unter dem Einfluß von Wind an Hindernissen abgesetzt. Dieser Unterschied verwischt sich jedoch bei Nieselregen und gleichzeitigem starkem Wind, einer Situation, die auf den Kanaren in der Wolkenregion häufig gegeben ist.

Ein meßtechnisches Problem entsteht auch dadurch, daß oft gleichzeitig verschiedene Tropfengrößen nebeneinander in Wolken vorkommen und es zum Beispiel nieselt, während zugleich echter Nebelniederschlag stattfindet. Die mit

dem Nebelniederschlagsmesser nach Grunow auf den Kanaren gemessenen Werte enthalten daher einen je nach Station verschiedenen hohen Anteil aus dem Übergangsbereich zwischen fallendem Niederschlag und Nebelniederschlag. Das genannte Meßinstrument besteht aus einem Regenmesser nach Hellmann, über dem ein im Durchmesser kleineres, geneigtes zylinderförmiges Drahtnetz als Hindernis montiert ist.

Die Ergiebigkeit des Nebelniederschlags nimmt zu mit der Größe der Wassertröpfchen, die in einem bestimmten Zeitraum an einem Gegenstand abgesetzt werden. Sogenannte nassende Nebel mit relativ großen Wassertröpfchen spielen auf den Kanarischen Inseln eine besondere Rolle.

Mit der Dichte des Nebels nimmt die Nebelniederschlagsmenge zu, da die in einer bestimmten Zeit auf ein Hindernis treffenden Wassertröpfchen zahlreicher sind. Innerhalb eines Waldbestandes nimmt die Dichte des Nebels vom Kronenraum zum Erdboden hin oft sehr deutlich ab, so daß nur die exponierten oberen und randlichen Teile der Bäume von dichtem Nebel getroffen werden, während der Waldboden fast nebbefrei bleibt.

Beim Zustandekommen von Nebelniederschlag ist der die Wassertröpfchen bewegende Wind von entscheidender Bedeutung. Auf Grund ihrer geringen Sinkgeschwindigkeit bleiben die Tröpfchen normalerweise in der Schwebelage. Bei geringer Luftbewegung setzen sie sich kaum an Gegenständen ab. Mit zunehmender Windstärke erhöht sich die Ergiebigkeit des Nebelniederschlags, weil sich die Zahl der in einem bestimmten Zeitraum auf ein Hindernis auftreffenden Tröpfchen vermehrt. Auf den Kanaren ist der Zusammenhang zwischen Windstärke und Ergiebigkeit des Nebelniederschlags sehr auffällig. Bei hohen Windstärken und nassendem Nebel, einer Kombination, die in der Cumbre und im Anaga-Gebirge häufig und im Teno-Gebirge seltener gegeben ist, werden an allen pflanzlichen Hindernissen hohe Nebelniederschlagswerte erreicht.

Der Einfluß von Gestalt, Größe und Oberflächenbeschaffenheit eines Hindernisses auf den Nebelniederschlag ist von besonderem botanischem Interesse, da sich die Wassertröpfchen in der Regel an Pflanzen niederschlagen. Nebelniederschlag an Felsen, Steinen, am Erdboden und auf diesem liegenden toten Zweigen findet auf den Kanaren nur bei stark nassendem, dichtem Nebel und hohen Windstärken statt und spielt allenfalls im Hochgebirge eine Rolle. Bei der Montaña Ayosa (2075 m) nahe der Station 5 (Abb. 1) beobachtete ich Nebelniederschlag an Felsen im Tiefwinter verschiedentlich. In den zeitweilig sehr stürmischen Bergen Tenerifes wurden von der meteorologischen Station Izaña Windgeschwindigkeiten bis zu etwa 200 km/h gemessen. Da Sturm, Nebel und fallende Niederschläge hier im Winter immer gemeinsam auftreten, und zwar bei Einbrüchen maritimer polarer Luft, ist damit zu rechnen, daß unter diesen Umständen Nebelniederschlag in flüssiger oder gefrorener Form auch in den vegetationsarmen höchsten Gebieten der Insel (in denen keine Messungen stattfanden) an Felsen, Steinen und am Erdboden vorkommt.

Unter den pflanzlichen Hindernissen spielen Bäume eine besondere Rolle, da sie groß genug sind, um über die Bodennahe, relativ wind- und nebelarme Luftschicht hinauszuragen. Die Beziehung der Ergiebigkeit des Nebelniederschlags zur Größe und Exposition eines Baumes ist offensichtlich. Aufgelockerte Waldbestände mit Lücken zwischen den großen Bäumen weisen sehr hohe Nebelniederschlagswerte auf. In geschlossenen Wäldern findet der Nebelniederschlag fast nur an den etwas über das Kronendach hinausragenden Teilen einzelner Bäume statt, während das dichte Laubwerk der mittleren und unteren Kronenbereiche sowie die Busch- und Krautschicht des Waldes kaum von Nebel betroffen werden. Wesentlich wichtiger als die Gestalt, Oberflächenbeschaffenheit und Blattform einer Pflanze ist ihre Exposition gegenüber Wind und Wolken. Büsche und Kräuter ermöglichen nur dort den Nebelniederschlag, wo sie frei stehen, wie es zum Beispiel in der oberen waldfreien Stufe der Fall ist. Unter natürlichen Bedingungen wurden in der Waldstufe Tenerifes (Abb. 2) nur *Pinus canariensis*, Lorbeerwaldbäume und zeitweilig auch Büsche der oberen Vegetationsstufe als Hindernisse in Frage kommen.

Um zu klären, welche Faktoren auf den Nebelniederschlag einen Einfluß haben, wurden neben zahlreichen direkten Beobachtungen im Gelände experimentelle Untersuchungen mit im Nebel exponierten Gegenständen, z.B. Blättern oder belebten Zweigen, ausgeführt. Die auf diese Weise für die jeweiligen Hindernisse in einem bestimmten Zeitraum erhaltenen Nebelniederschlagswerte lassen nur in günstigen Fällen sinnvolle quantitative Aussagen zu. Da es bei der Abhängigkeit des Nebelniederschlags von mindestens fünf Faktoren sehr schwierig ist, die Daten richtig zu interpretieren, wird der Einfluß dieser Faktoren hier überwiegend qualitativ beschrieben.

Ein vom 4.5. bis 5.7.1971 in der Cumbre laufender Versuch mit im Querschnitt etwa gleichgroßen belaubten Zweigen von *Erica arborea*, *Pinus canariensis* und *Myrica faya*, die über Trichtern von ca. 40 cm Durchmesser in ca. 70 cm Höhe über dem Erdboden in einheitlicher Weise angebracht waren, wird hier erwähnt, um einige Schwierigkeiten derartiger Experimente zu erläutern. Da diese Versuche nur an waldfreien, windigen Stellen des Cumbre-Gebirgskammes, wo der Nebel lokal bis nahe an die Erdoberfläche heranreicht, ausgeführt werden konnten, waren auf Grund der Entfernung von meinem Wohnort Kontrollen nur im Abstand von mehreren Tagen möglich. Die Versuchsbedingungen (Wind wechselnder Stärke, Nebelniederschlag, Niesel, Regen und Übergänge zwischen den Niederschlagsarten) sind daher im einzelnen nicht bekannt. Das gleiche gilt für die unter den speziellen Bedingungen in Bezug auf den Nebelniederschlag wirksame Fläche der Hindernisse. Die aus diesen Experimenten erhaltenen Werte lassen sich nicht eindeutig erklären und bleiben daher ungenannt. Stattdessen werden nachstehend aufschlußreiche direkte Beobachtungen zum Vorgang des Nebelniederschlags an Hindernissen geschildert.

Hält man in etwa 2 m Höhe über dem Erdboden einen kleinen Zweig von *Erica scoparia* ssp. *platycodon* neben einem Blatt von *Laurus azorica* einige Zeit bei mittlerer Windgeschwindigkeit in dichten, normal nassenden Nebel, so beginnt der Zweig von *Erica* schon nach wenigen Minuten ganz leicht zu tropfen, während dieses beim *Laurus*-Blatt, das im Querschnitt etwa so groß wie der *Erica*-Zweig ist, auch nach längerer Exposition kaum der Fall ist. Von einem mit der Fläche genau senkrecht zur Windrichtung gehaltenen planen Laubblatt werden unter den genannten Bedingungen fast nur die Ränder und der Blattstiel befeuchtet ("Randeffekt"), und zwar bilden sich Wassertropfen zum Teil auch auf der vom Wind abgekehrten Seite des Blattrandes. Alle derartigen Beobachtungen zeigten, daß Arten mit schmalen, aber zahlreichen Blättern, wie *Pinus canariensis*, *Erica scoparia* ssp. *platycodon* und *Erica arborea*, hohe Nebelniederschläge in kurzer Zeit erreichten, im Gegensatz zu Zweigen oder Blättern von Lorbeerwaldbäumen mit flächigen Blattspreiten mittlerer Größe. Diese Aussagen stützen sich auf wiederholte direkte Beobachtungen an *Pinus canariensis*, *Erica arborea*, *Erica scoparia* ssp. *platycodon*, *Adenocarpus foetidus*, *Myrica faya*, *Persea indica*, *Viburnum rigidum*, *Ilex perado* ssp. *platyphylla*, *Ilex canariensis*, *Laurus azorica*, *Hypericum grandifolium*, *Eucalyptus* sp. und anderen.

Unter gleichen äußeren Bedingungen werden schräg gehaltene oder nicht plane (gefaltete, gedrehte, gewellte, gebogene etc.) Blätter in verschiedener Weise befeuchtet, und zwar an unterschiedlich gelegenen und ungleich großen Teilen der Blattfläche, des Blattrandes und des Blattstiels, teilweise sogar an den nicht direkt zur Windrichtung zeigenden Seiten. Normalerweise stehen die Blätter in der zuletzt geschilderten, unregelmäßigen Weise an den Zweigen der Laubbäume, so daß dem "Randeffekt" nur begrenzte Bedeutung zukommen dürfte.

Die Ursache für das wechselnde und ungleiche Verhalten von Blättern in Bezug auf den Nebelniederschlag liegt vermutlich in den Luftströmungsverhältnissen im Bereich von Hindernissen. Lufttau und -wirbel spielen wahrscheinlich auch auf kleinstem Raum bei mittleren Windstärken und feinem bis normal nassendem Nebel aerodynamisch eine ungünstige Rolle für den Nebelniederschlag an flächigen Hindernissen. Nach den genannten Versuchen und Beobachtungen über den Einfluß der Blattgestalt auf den Nebelniederschlag ist anzunehmen, daß kleine, nadelartige oder verteilte Hindernisse vorteilhaftere aerodynamische Voraussetzungen als große Blätter oder Flächen bieten.

Mit wachsender Größe der Wassertropfen und zunehmender Beschleunigung bei mittleren bis hohen Windgeschwindigkeiten werden solche kleinräumigen aerodynamischen Differenzen unbedeutend. Bei heftigem Wind und stark nassendem Nebel oder beim Übergang zu Nieselregen sind die Unterschiede zwischen den genannten Hindernissen sowie der "Randeffekt" kaum noch festzustellen.

Der Schluß, daß die breitlaubigen Bäume der Lorbeerwälder im Hinblick auf den Nebelniederschlag weniger wirksame Hindernisse darstellen als *Pinus canariensis* und die beiden *Erica*-Arten, ist jedoch nur relativ und nicht absolut richtig. Es kommt darauf an, wo sich die betreffenden Baumarten befinden. Wie bereits erwähnt wurde, entscheidet über die Nebelniederschlagsintensität vor allem die Exposition eines Hindernisses in einem nebelreichen, windigen Gebiet. Auf den Kanaren ist Nebel mit relativ großen Wassertropfen bei mittleren bis hohen Windstärken vor allem im Gebirge und im Winterhalbjahr häufig. Da sich unter diesen Umständen auch die Unterschiede der Blattformen kaum noch bemerkbar machen, ist jedes Hindernis, insbesondere aber ein hoch aufragender Baum, in der Lage, hohe Nebelniederschlagswerte zu bewirken, wenn es nur im Anaga-Gebirgskamm, in der Cumbre oder in einigen anderen Inselteilen Wind

und Wolken voll ausgesetzt ist. Entlang der Cumbre-Straße stehen einzelne gepflanzte hohe Eucalyptus-Bäume neben niedrigeren Pinus canariensis-Beständen. Die Eucalypten mit ihren mittelgroßen, flächigen Blättern übertreffen dort die benachbarten Pinus canariensis mit ihrem sonst so wirksamen feinen Nadelwerk hinsichtlich der Nebelniederschlagsmenge allein dadurch, daß sie um einige Meter höher sind.

Die Temperatur spielt beim Nebelniederschlag insofern eine Rolle, als im Winter in den hohen Bergen Teneriffas der Nebel oft an den kälteren Hindernissen gefriert, wodurch Reif und Nebelfrost (Eiskrusten) entstehen. Unter der Last des Nebelfrostes können so nahe der oberen Waldgrenze bei winterlichen Umwetter selbst starke Äste von Pinus canariensis abbrechen und die Spitzen freistehender junger Bäume abknicken. Die alten Pinus canariensis-Bäume an der oberen Waldgrenze sind daher meist auffallend deformiert. Zeitweilig findet man alle Gegenstände, auch die Felsen und den Erdboden, vollständig von einem Eispanzer überzogen, der durch anfrrierenden Nebelniederschlag entstand. Die jungen Pinus canariensis-Bäume und die Büsche beugen sich dann bis zur Erde oder brechen ab. Kilometerweit ist später entlang der hohen Cumbre der Boden unter den Pinus canariensis-Wäldern mit abgerissenen, meist noch grünen Kiefernadeln bedeckt.

Auch bei normalem, nicht gefrierendem Nebelniederschlag verliert Pinus canariensis an stark exponierten Stellen viele Nadeln, mit Ausnahme der jüngsten. Diese ordnen sich bei heftigem Wind und Nebel längs zur Windrichtung in durch Nässe zusammenhaftende kleine Bündel, wodurch die dem Nebel ausgesetzte Blattfläche weiter verringert wird.

Es gehört zu den Besonderheiten des kanarischen Klimas, daß durch den raschen Wechsel der Wettertypen (Abb. 19) wenige Tage, nachdem Kälte, heftiger Niederschlag, Nebelfrost und Sturm beendet sind, auf der ganzen Insel, die dann gekrönt ist von dem weithin sichtbaren schneeweißen Pico de Teide, wochenlang schönes Wetter mit milden Temperaturen herrscht. Die beiden Hauptregenzeiten des Winterhalbjahres werden fast regelmäßig im Tiefwinter durch Schönwetterlagen getrennt, die sich im Jahresgang der Niederschläge auch bei den eigenen Messungen gut nachweisen ließen (Abb. 32-36).

3.2 Jahresszeitliche und räumliche Verteilung des Nebelniederschlags

3.21 Nebelniederschlagsmessungen nach Grunow

Die Bedeutung des Nebelniederschlags für die Vegetation kann am besten durch Messungen in Pflanzenbeständen beurteilt werden. Dazu ist, wie in Kapitel 3.22 noch erläutert werden wird, der Einsatz zahlreicher Geräte in einem Bestand notwendig, damit die Daten nicht durch kleinräumige Schwankungen verfälscht werden. Da die Verwendung von jeweils vielen Niederschlagsmessern in verschiedenen Wäldern apparativ und zeitlich zu aufwendig ist, begnügt man sich mit einem Stationsnetz von genormten Geräten (Nebelniederschlagsmessern nach Grunow), die aber nur Relativwerte ergeben. Die Ergebnisse solcher Messungen werden zunächst besprochen, weil die Daten von 25 über die Insel verteilten Stationen für alle nachstehenden Erörterungen als Vergleichsgrößen dienen sollen.

Die Messungen wurden mit Regenmessern nach Hellmann und Nebelniederschlagsmessern nach Grunow ausgeführt. Diese beiden, bis auf das dem Nebelniederschlagsmesser nach Grunow aufgesetzte generierte Drahtnetz gleichen Geräte wurden nebeneinander in je nach den örtlichen Bedingungen etwa ein bis zwei Meter Entfernung quer zur Hauptwindrichtung (etwa NNO) aufgestellt. Ihre Höhe betrug ca. 1,5 Meter über der Bodenoberfläche. Die Lage der 25 Stationen, die sich besonders entlang des Hauptkammes der Insel befanden, ist aus Abbildung 1 zu ersehen.

Bei der Auswahl repräsentativer Meßstellen, die in gebirgigem Gelände besondere Schwierigkeiten bereitet, wurden offene, wind- und wolkenexponierte Gebiete (Lichtungen, Ränder von landwirtschaftlichen Nutzflächen, Hügel, Klüfte etc.) bevorzugt. Es ist jedoch auf Tenerife wegen des Reliefs kaum möglich, Nebelniederschlagsmessungen nach Grunow an 25 Stellen durchzuführen, ohne daß sich die Meßbedingungen an den einzelnen Orten unterscheiden. Während an den nach meteorologischen Richtlinien für Niederschlagsmessungen geeigneten Orten in 1,5 m Höhe über dem Erdboden kaum Nebelniederschlag stattfindet, werden in exponierteren Geländeteilen, in denen sich Nebelniederschlag messen läßt, die Niederschlagswerte durch die speziellen Windverhältnisse beeinträchtigt.

Mit geringfügigen, wenige Tage betragenden Unterschieden bestanden alle Stationen vom 1.1.1971 bis Mitte März 1972. Die Geräte mußten halbwöchentlich, bei bestimmten Wittertypen auch täglich abgelesen werden, um in Regenzeiten mit gleichzeitig starkem Nebelniederschlag dem Überlaufen der Auffanggefäße zuvorzukommen. Die zeitweilige Kontrolle einiger Stationen übernahm freundlicherweise der Servicio Forestal (1, 2, 4 und 12) und der Servicio Meteorológico (3).

Einige kritische Erläuterungen zur Meßmethode sind notwendig. Es wurde bereits erwähnt (Kapitel 3.1), daß es unter kanarischen Bedingungen sehr schwierig ist, meßtechnisch eindeutig zwischen fallendem Niederschlag und Nebelniederschlag zu unterscheiden. Aus diesem Grund sei die im Nebelniederschlagsmesser nach Grunow an den 25 Stationen zusätzlich ermittelte Wassermenge nicht Nebelniederschlag, sondern "Meßdifferenz" genannt. Selbst an nahezu nebelfreien Stationen stellt sich eine Meßdifferenz ein. Deshalb dürfen die Differenzen auf keinen Fall einfach als "Nebelniederschlag" zu der im Regensmesser nach Hellmann gemessenen Wassermenge addiert werden.

Die mit dem Nebelniederschlagsmesser nach Grunow, so wie dieses Gerät auf den Kanaren eingesetzt wurde, erhaltene Meßdifferenz ist ökologisch nur bedingt relevant. Sie bedeutet lediglich die in einer bestimmten Zeit unter den ganz

Tab. 2: Fallender Niederschlag und "Meßdifferenz" (in Klammern) von den Stationen 1 bis 25. Unterstrichene Zahlen: besonders hoher, eindeutiger Anteil an Nebelniederschlag.

Nr.	Lambert-Koordinaten	Höhe m	Vegetation (siehe Text)	1971	1972
				Jan.-Dez. mm	Jan.-Mitte März mm
1	311,66/362,27	1530	P(L)	-	-
2	315,32/361,91	1200	L(P)	710(95)	230(95)
3	321,34/378,13	2367	O	-	-
4	321,53/363,97	1065	L(P)	730(80)	330(45)
5	324,43/363,28	2020	P(O)	650(<u>2090</u>)	420(<u>2020</u>)
6	328,18/366,48	442	L	635(74)	185(61)
7	328,36/367,75	1743	P	750(<u>4610</u>)	370(<u>1770</u>)
8	328,87/368,89	1640	P	850(<u>2985</u>)	310(<u>735</u>)
9	329,01/399,01	255	U	480(77)	150(59)
10	329,84/398,35	406	L	615(87)	185(66)
11	330,08/390,34	1405	PL	1020(<u>870</u>)	550(<u>425</u>)
12	330,75/394,92	810	L	820(230)	340(70)
13	331,52/394,15	950	L	950(233)	450(130)
14	332,02/391,77	1255	PL	760(<u>1535</u>)	350(<u>575</u>)
15	333,34/391,39	1085	PL	770(520)	445(180)
16	334,47/390,82	862	PL	560(170)	315(125)
17	336,02/398,02	625	L	720(420)	280(235)
18	338,39/399,32	573	L	705(202)	295(112)
19	338,70/394,25	595	P	460(258)	215(112)
20	339,01/394,38	310	P	460(104)	215(62)
21	342,04/402,83	930	L	935(<u>587</u>)	405(<u>208</u>)
22	342,13/401,90	780	L	900(<u>645</u>)	375(<u>246</u>)
23	342,53/395,02	277	U	360(-)	130(-)
24	342,54/402,84	980	L	1120(<u>2990</u>)	455(<u>560</u>)
25	342,91/404,12	788	L	800(<u>855</u>)	320(<u>246</u>)

speziellen Aufstellbedingungen des Gerätes maximal mögliche Nebelniederschlagsmenge, zusätzlich eines Meßfehlers. (Ein solcher kann durch Windwirkung zustande kommen, durch die die fallenden Niederschläge vermindert und durch die die Nebelniederschläge vermehrt werden.) Bei einer hohen Meßdifferenz erwies sich jedoch auch der Nebelniederschlag in Pflanzenbeständen an demselben Ort als hoch, und bei geringer oder fehlender Meßdifferenz war der Nebelniederschlag in den Beständen gering oder nicht vorhanden. An den mit einem α gekennzeichneten Stationen, deren Lage aus Abbildung 1 ersichtlich ist, wurden in der im Kapitel 8.22 beschriebenen Weise Niederschlagsmessungen im Waldesinnern durchgeführt. Beim Vergleich der Monatsmittel an den Stationen 8 und 8a, 11 und 11a, 21 und 21a sowie 25 und 25a kann man die Unterschiede zwischen Meßdifferenz und Nebelniederschlag im Pflanzenbestand im einzelnen genau verfolgen.

Bei genügender Kenntnis der Klimaverhältnisse läßt sich, wie aus der Diskussion der Meßergebnisse hervorgehen wird, nach den in Tabelle 2 und den Abbildungen 31-67 dargestellten Daten mit hinreichender Sicherheit beurteilen, welche Rolle der Nebelniederschlag im Untersuchungsgebiet spielt.

In Tabelle 2 sind die Stationen 1 bis 25 in ihrer Reihenfolge von Westen nach Osten aufgeführt (Abb. 1). Die Lambert-Koordinaten und die ungefähre Höhe der Stationen über dem Meer wurden aus den Karten 1:25000 von Tenerife ermittelt. Zur Kennzeichnung der potentiell natürlichen Vegetation im Sinne der Abbildung 2 wurden Abkürzungen für die obere waldfreie Stufe (O), die Pinus canariensis-Wälder (P), die Pinus canariensis-Lorbeerwälder (PL), die Lorbeerwälder (L) und die untere waldfreie Stufe (U) verwendet. Die erste Zahl der Niederschlagswerte bezieht sich auf die mit dem Regenmesser nach Hellmann gemessenen fallenden Niederschläge. Die zweite Zahl gibt die im Nebelniederschlagsmesser nach Grunow zusätzlich vorhandene Wassermenge an (die in dieser Arbeit als Meßdifferenz bezeichnet wird). Beide Werte sind aufgerundet.

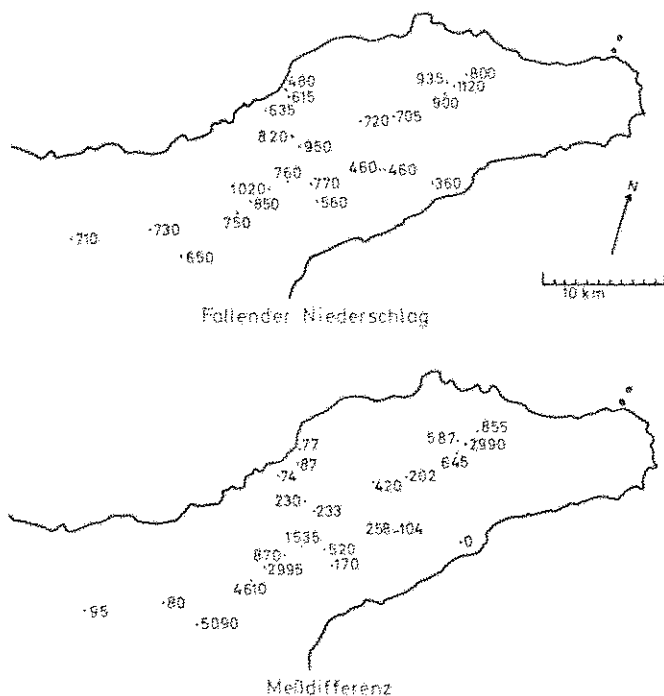


Abb. 31: Jahressummen (mm) des fallenden Niederschlags (oben) und der "Meßdifferenz" (unten) für 1971. Vgl. Abb. 1 zur Lage der Stationen.

Die räumliche Verteilung von fallendem Niederschlag und Meßdifferenz im östlichen Teil von Tenerife ist aus Abbildung 31 zu ersehen, in der die Jahressummen der 25 Stationen für 1971 eingezeichnet sind. In den Abbildungen 32-61 sind die Kurven der Monatsmittel aller Stationen enthalten, und die Abbildungen 62-66 zeigen die jahreszeitliche Verteilung verschiedener Werte von ausgewählten Stationen. Die Niederschlagsverteilung an einem Waldrand ist in Abbildung 67 dargestellt.

Die Werte der Meßdifferenz lagen im Untersuchungszeitraum besonders im Frühsommer und im Hochsommer etwas über dem für normale Jahre zu erwartenden Mittel, wie auch ein Vergleich der Klimadiagramme mit Abbildung 61 in Bezug auf den fallenden Niederschlag ergibt. Im Jahre 1971 traten auch in der Trockenzeit während kurzer Zeiträume relativ hohe Meßdifferenzen auf (Abb. 62-66).

Die in Abbildung 31 dargestellten Jahressummen des fallenden Niederschlags stimmen gut mit den wenigen aus diesem Gebiet bereits bekannten Daten meteorologischer Stationen überein. Die niederschlagsärmsten Stationen befinden sich an der Küste und die niederschlagsreichsten im Anaga-Gebirgskamm und in mittleren Gebirgslagen der Gubra. Nach oben hin nehmen die Niederschläge dann wieder etwas ab. Die relativen Unterschiede zwischen den Stationen und großräumig auch die absoluten Niederschlagsmengen können als typisch für das Untersuchungsgebiet gelten.

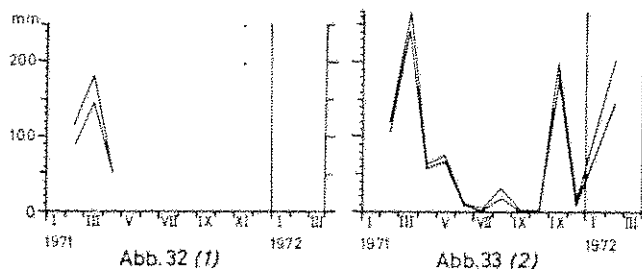
Nach den in Abbildung 31 eingetragenen Daten für die Meßdifferenz werden nur in den Kammgebieten des Anaga-Gebirges und der Gubra extrem hohe Werte erreicht, an denen auch Nebelniederschlag mit Sicherheit einen großen Anteil hat. Die Werte unter 500 m stammen von Stationen, wo Nebelniederschlag nach seinen Beobachtungen sehr selten und unergiebig ist oder überhaupt nicht auftritt.

In den Abbildungen 32-61 ist die jahreszeitliche Verteilung des fallenden Niederschlags und der Meßdifferenz der 25 Stationen dargestellt. Die in den Klimadiagrammen erscheinende Sommertrockenheit und die Unterbrechung der winterlichen Regenzeit im Tiefwinter sind bei allen Stationen deutlich ausgeprägt. Im Hochsommer 1971 traten einige Regentage auf, was nicht als typisch gelten darf. Die Meßdifferenz und mit ihr der Nebelniederschlag folgen dem jahreszeitlichen Ablauf des fallenden Niederschlags. Das Minimum der Meßdifferenz wird im Spätsommer erreicht, wie auch aus dem Mittel der Stationen hervorgeht (Abb. 61). Der Nebelniederschlag verstärkt zwar kleinräumig die fallenden Niederschläge, ändert aber grundsätzlich kaum den Charakter des Winterregenklimas und damit auch nicht die entscheidenden Lebensbedingungen der Vegetation.

Abb. 32-61: Monatsmittel von fallendem Niederschlag (untere Linie) plus "Meßdifferenz" (obere Linie) der Stationen 1-25 (kursive Ziffern) (ab 500 m auf 1/10 reduziert).

Für die Stationen 8a, 11a, 21a und 25a sind die Monatsmittel der im Waldesinneren am Erdboden zusätzlich gegenüber dem Freiland anfallenden Wassermenge dargestellt (gestrichelte Linie).

Bei Abb. 44 (Station 11a) bedeutet die untere Kurve 3 m vor dem Waldrand, die mittlere 34 m innerhalb des Waldes und die obere im Waldrand selbst.



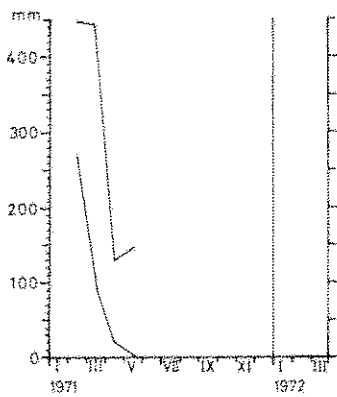


Abb.34 (3)

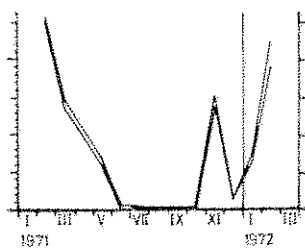


Abb.35 (4)

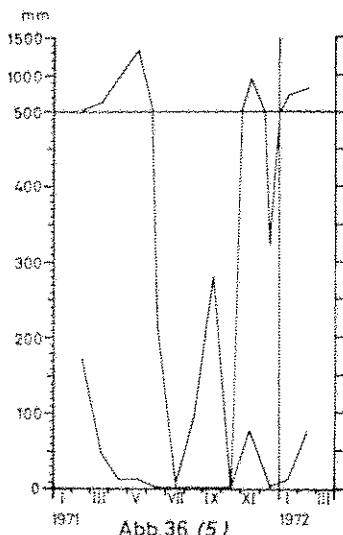


Abb.36 (5)

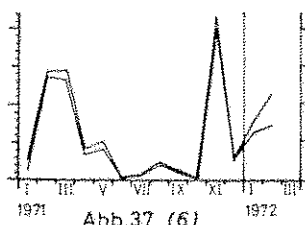
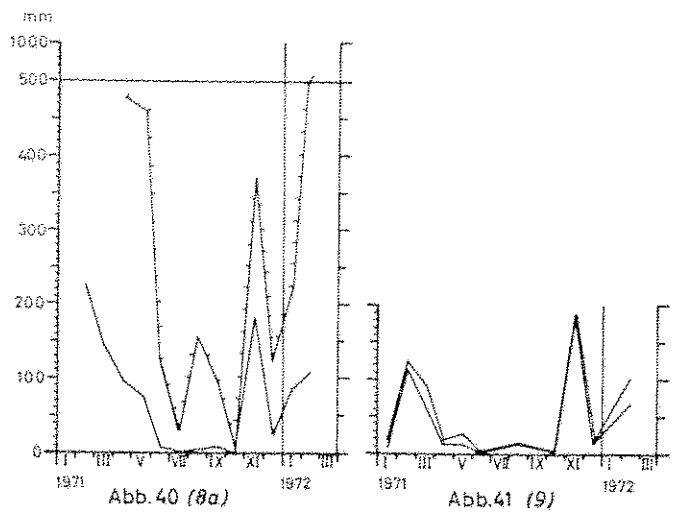
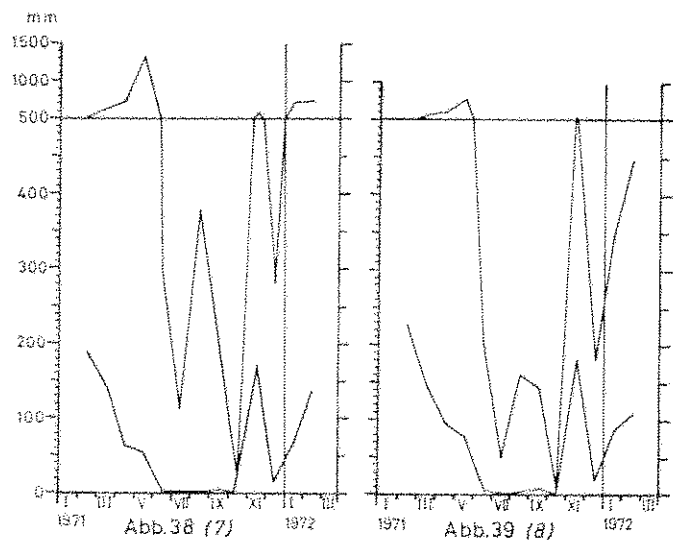


Abb.37 (6)



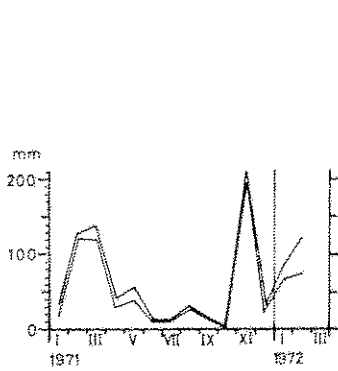


Abb.42 (10)

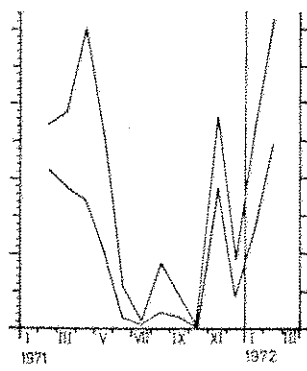


Abb.43 (11)

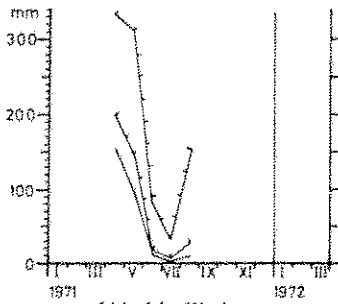


Abb.44 (11a)

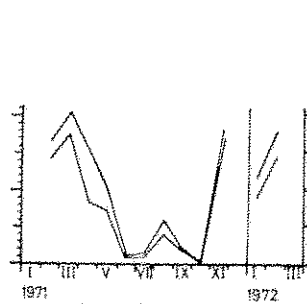


Abb.45 (12)

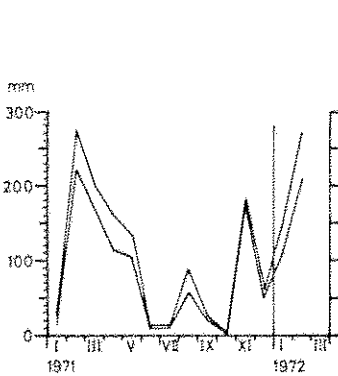


Abb.46 (13)

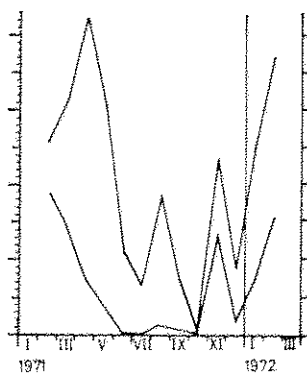


Abb.47 (14)

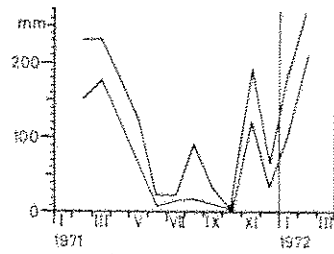


Abb.48 (15)

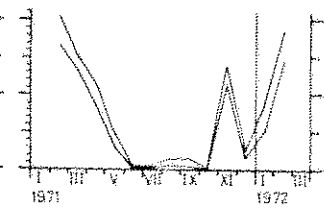


Abb.49 (16)

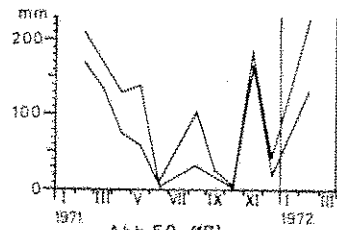


Abb.50 (17)

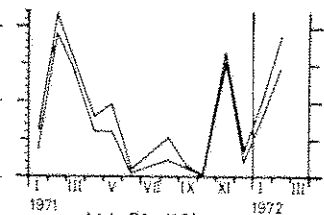


Abb.51 (18)

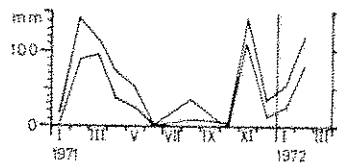


Abb.52 (19)

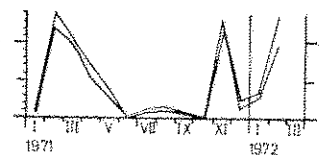


Abb.53 (20)

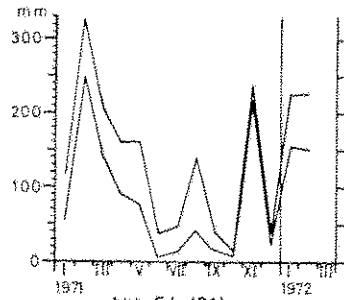


Abb.54 (21)

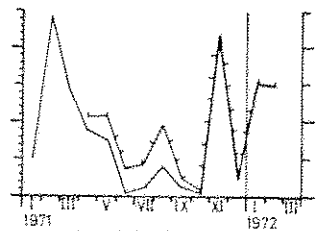


Abb.55 (21a)

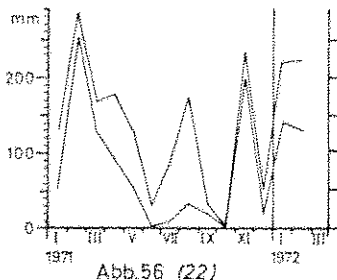


Abb.56 (22)

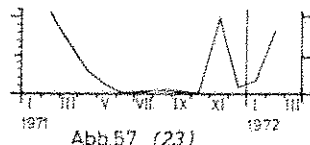


Abb.57 (23)

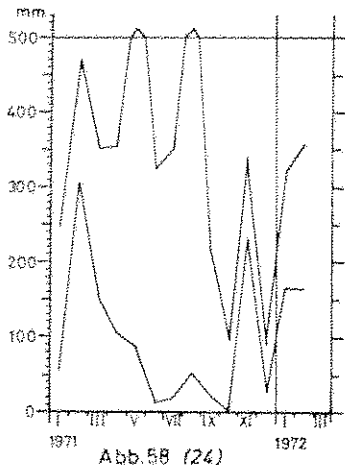


Abb.58 (24)

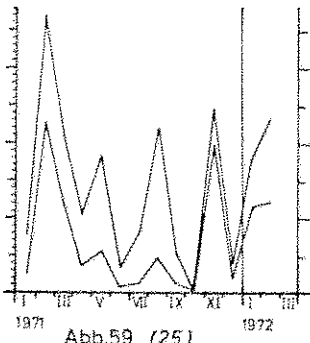


Abb.59 (25)

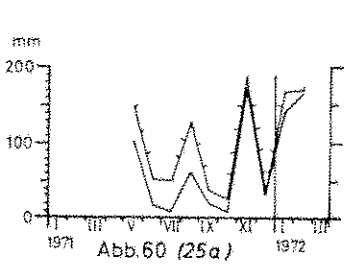


Abb.60 (25a)

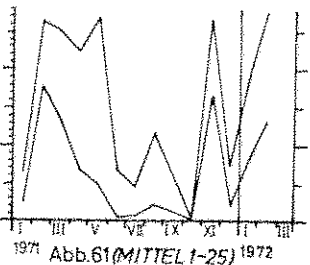


Abb.61(MITTEL I-25) 1972

Darstellungen wie in Abbildung 62-66 wurden für alle 25 Stationen gezeichnet, um die Dauer messdifferenzfreier Zeiträume sichtbar werden zu lassen. Beim Vergleich der Stationen stellte sich heraus, daß der Nebelniederschlag besonders in höheren Lagen der Cumbre im Sommer tage- und wochenlang aussetzen kann, während die Verhältnisse im Anaga-Gebirgskamm, der nur selten oberhalb der Wolkenobergrenze liegt, günstiger sind. Hier wirken sich die im Sommer häufigere Bewölkung und leichte Nebelniederschläge vorteilhaft auf die Vegetation aus.

Abb. 62-66: Jahreszeitliche Verteilung des fallenden Niederschlags, der "Meßdifferenz" und der zusätzlichen Wassermenge im Waldessinnern am Erdboden. Ein Punkt unten an der Abszisse bedeutet Ablesung "kein Niederschlag". Ein Punkt oben am Strichende bedeutet "Niederschlagssumme eines Tages" (ohne Punkt "Niederschlag seit der letzten Ablesung").

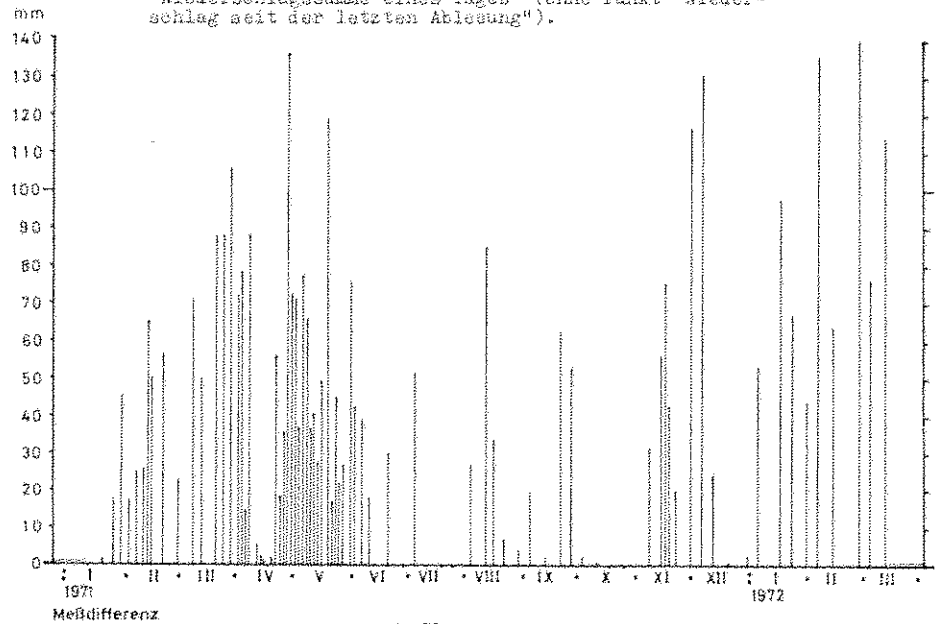


Abb. 62 b (8)

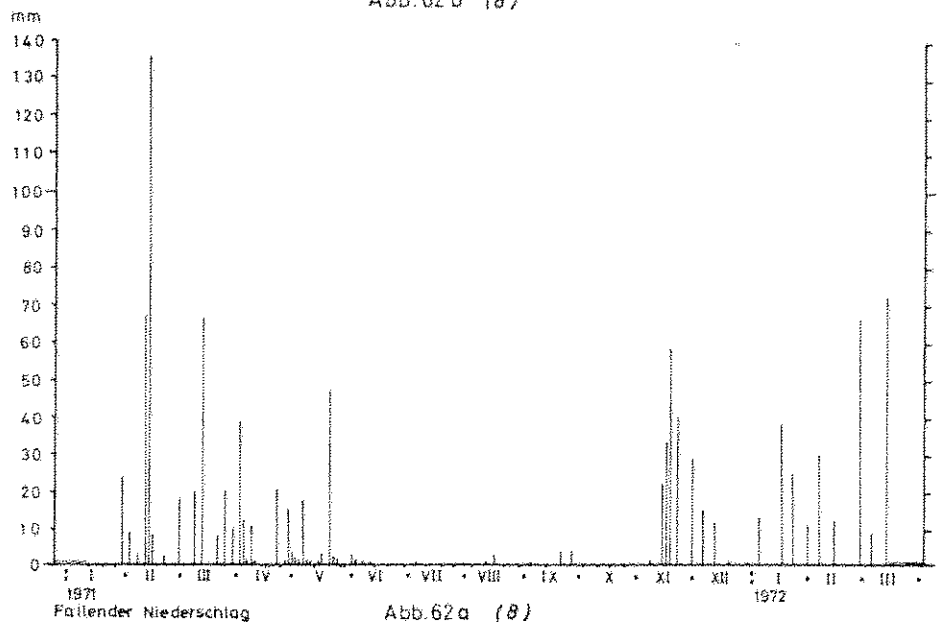


Abb. 62 a (8)

Nebelniederschlag kann fast auf der ganzen Insel mit Ausnahme der unteren waldfreien Stufe vorkommen. Da er jedoch nur dort häufig ist, wo Wolken oft über Hügel, Berge und Gebirgskämme hinwegbewegt werden, ist nennenswerter Nebelniederschlag auf den Anaga-Gebirgskamm und auf die Cumbre beschränkt.

Im Teno-Gebirge und in den übrigen Bereichen der Waldstufen ist Nebelniederschlag seltener und unregelmäßiger, wie z.B. die Verteilung der Meßdifferenzwerte in Abbildung 31 für den Osten Tenerifes zeigt. Ökologische Bedeutung für Gefäßpflanzen kommt dem Nebelniederschlag vor allem im Anaga-Gebirge zu, weil sich hier unter dem Einfluß weiterer Klimafaktoren die feucht-kühle ozeanische Klimatendenz noch verstärkt, während die Einstrahlung geringer als in der Cumbre ist.

6.22 Niederschlagsmessungen in Pflanzenbeständen

Nach dem allgemeinen Überblick über die Ergebnisse mit Niederschlagsmessern nach Hellmann und Grunow an 25 Stationen sollen nun die Daten der Stationen 8a, 11a, 21a und 25a genauer besprochen werden. (Abb. 1 und 2).

Bei Niederschlagsmessungen in Pflanzenbeständen müssen Auffanggeräte in genügender Anzahl aufgestellt werden. Verwendet man zum Vergleich der Niederschlagsmenge unter einem Baum und im Freiland eine zu geringe Zahl von Regensessern oder nur einen einzigen im Pflanzenbestand, können die Daten durch kleinräumige Schwankungen verfälscht werden. Die meisten früheren Untersuchungen über den Nebelniederschlag auf den Kanaren wurden mit nur je einem Regensmesser im Wald und im Freiland durchgeführt.

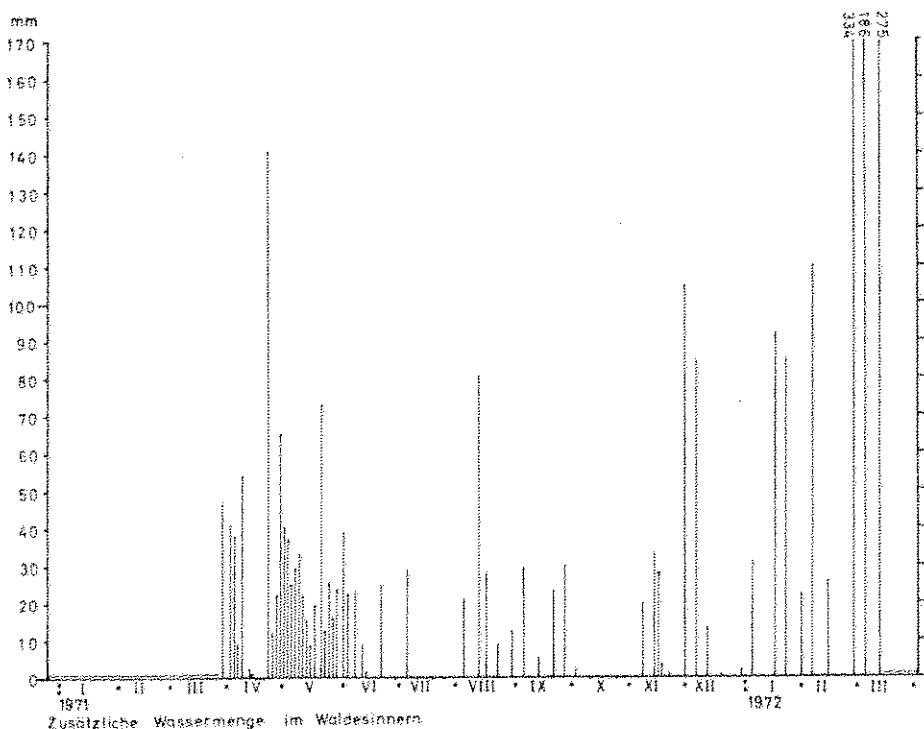


Abb.63 (8a)

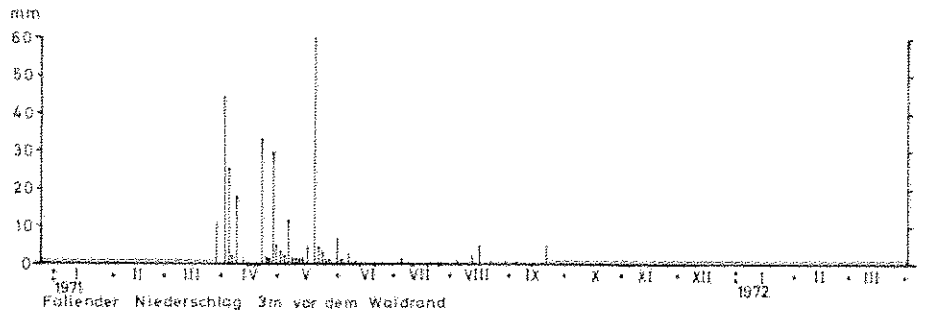
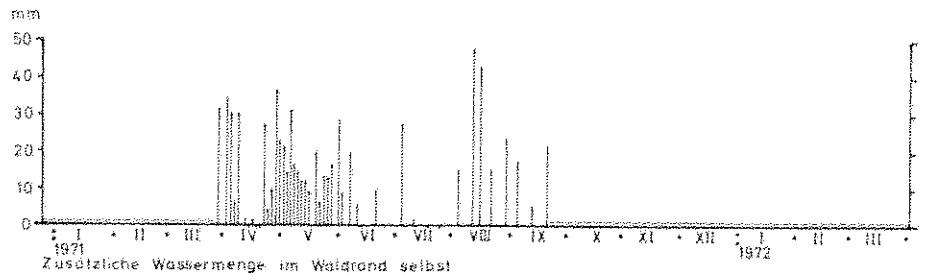
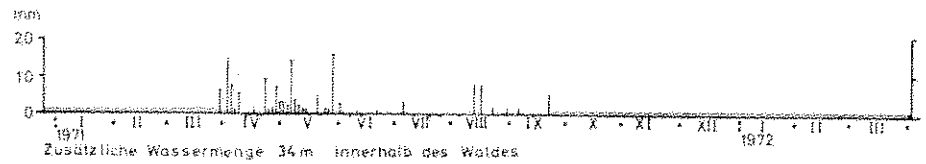


Abb.64 (11a ; vgl. Abb.67)

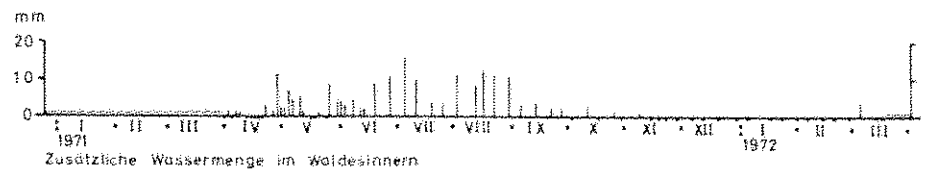


Abb.65c (21a)

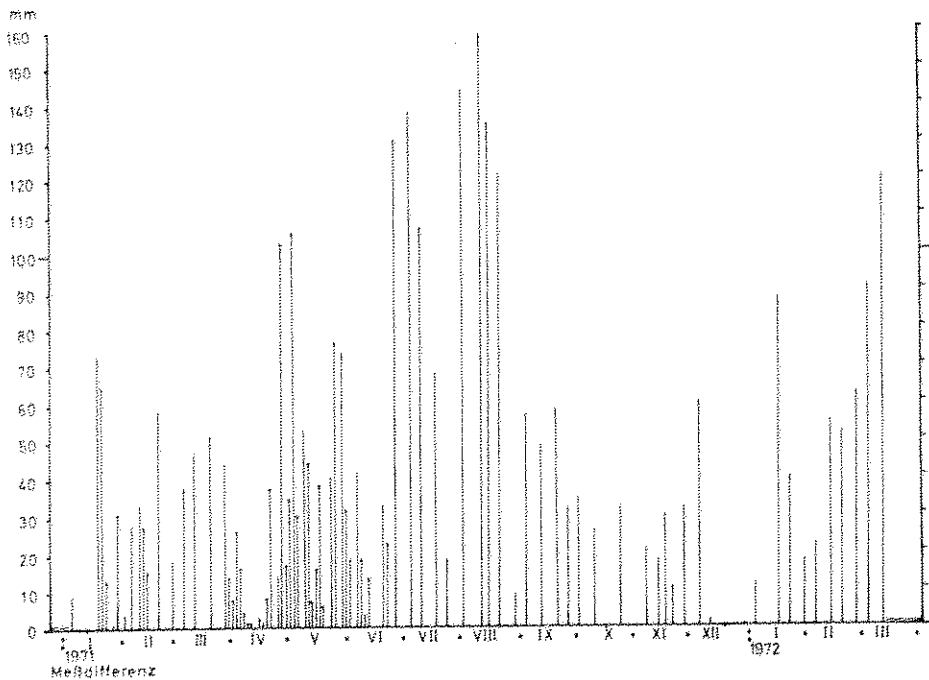


Abb. 65b (24)

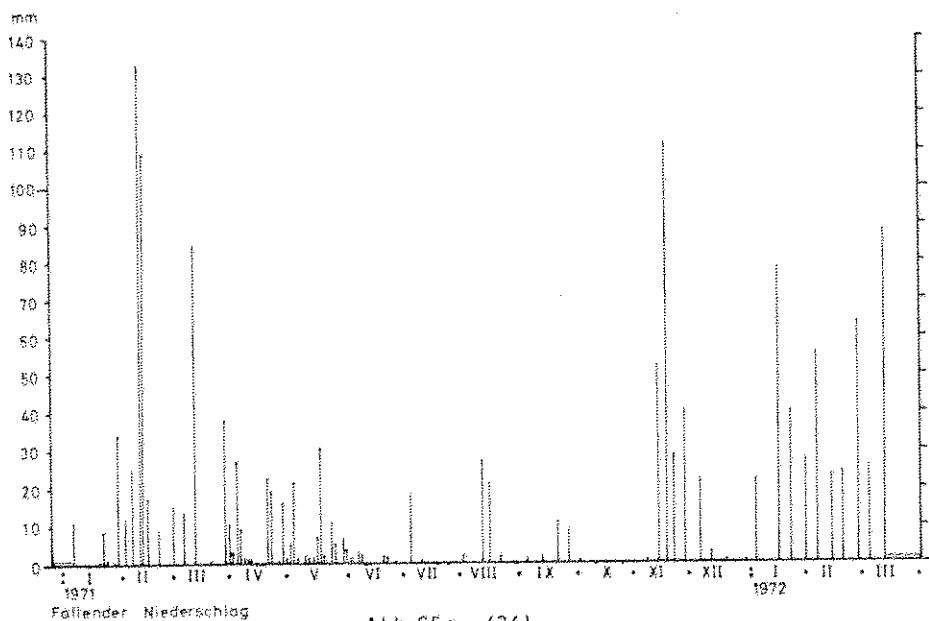


Abb. 65a (24)

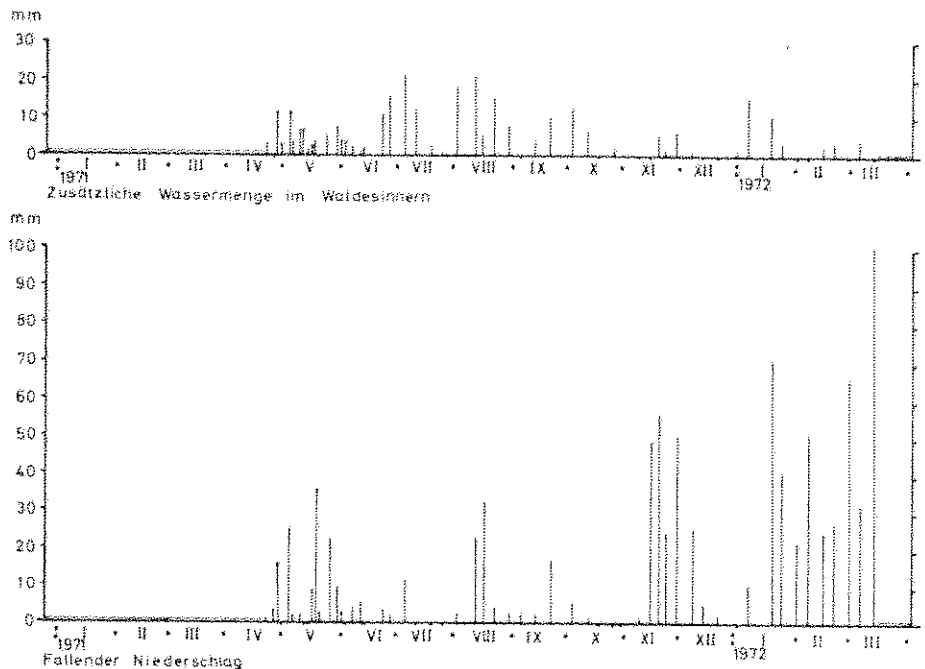


Abb.66 (25a)

Um verlässlichere Werte über den Nebelniederschlag zu erhalten, wurde an vier ausgewählten Stellen im Anaga-Gebirge und in der Cumbre mit einer großen Anzahl kleiner Regenmesser die im Waldesinnern am Erdboden anfallende Wassermenge mit derjenigen auf einer nahegelegenen Lichtung verglichen. Verwendet wurden in den Erdboden gesteckte, von Kräutern nicht überdeckte kalibrierte Auffangtrichter aus Kunststoff, deren Rand sich etwa 20 cm über dem Boden befand. Die Auffangfläche betrug 50 cm². Die Ablesungen erfolgten halbwöchentlich, bei bestimmten Wittertypen auch täglich.

Meßstelle 8a in der Cumbre: *Pinus canariensis*-Lorbeerwald

Diese Probestelle wurde bereits bei den mikroklimatischen Faktoren beschrieben (Kapitel 7.2). Auf einer Fläche von etwa 10 x 8 m, in deren Mitte sich der Stamm eines mit der Krone über sie hinausragenden *Pinus canariensis*-Baumes befand, standen nach dem Zufall verteilt 50 Regenmesser in der Zeit vom 26.3.1971 bis zum 13.3.1972. Als Bezugswerte für Freilandmessungen wurden die Daten der nahegelegenen Station 8 verwendet. Der Stammschlag ist nach meinen Beobachtungen so gering, daß er vernachlässigt werden durfte. Die Interception der von epiphytischen Moosen und Flechten bewachsenen Bäume ist nicht genau bekannt.

Die bei jeder Ablesung erhaltenen Werte der 50 Regenmesser wurden gemittelt, da sich die erfaßten kleinräumigen Unterschiede der Niederschlagsmenge an den gut granierten Hängen des Untersuchungsgebietes ökologisch kaum auswirken dürften. Als Beispiel für die Streubreite können die Daten der Ablesung am 15.5.1971 dienen: unter 5 mm: 1 Regenmesser; zwischen 5 und 10 mm: 44; zwischen 10 und 15 mm: 5; Mittel: rund 8 mm. Die höchsten Werte fanden sich meist in der Nähe des Stammes, um den herum das Wasser besonders stark abtropfte. Mittlere bis hohe Werte wurden in den Regenmessern leewärts und niedrige luvwärts des Stammes gemessen.

Im Zeitraum von fast einem Jahr wurden im Freiland 666 mm und unter *Pinus canariensis* 3222 mm Niederschlag aufgefangen. Die Differenz zwischen diesen beiden Werten beträgt 2556 mm. Die zusätzlich auf Grund von Nebelniederschlag

anfallende Wassermenge muß noch höher gewesen sein, denn ein Teil des fallenden Niederschlags und auch des Nebelniederschlags ging ja durch Interzeption verloren. Vergleicht man die Kurven der Monatsmittel von den Stationen B und Ba, so fällt auf, daß die Meßdifferenz mit Ausnahme des Februar 1972 größer war als der Nebelniederschlag im Walde. Die beiden Kurven stimmen aber in ihrer jahreszeitlichen Tendenz recht gut überein, so daß die Meßdifferenz den Nebelniederschlag relativ richtig wiedergibt. Obwohl der Früh- und Hochsommer 1971 offenbar etwas zu wolken- und nebelniederschlagsreich waren, blieb die Sommertrockenheit im Jahresgang deutlich.

Für den vorherrschenden Nordost- bis Nordwestwinden (Tab. 1 und Abb. 19) auf Tenerife blieb der Nebelniederschlag zu allen Jahreszeiten auf die etwa quer zur Hauptwindrichtung verlaufenden Kammbereiche der Cumbre und des Anagabirges beschränkt. Auch hier war er nur an besonders windexponierten Geländeteilen nennenswert. Auf einer Strecke von nur etwa 100 m können daher nebelniederschlagsreiche und -arme Wälder in unmittelbarer Nachbarschaft nebeneinander liegen, je nachdem wie kleinräumig die Exposition zwischen Luv und Lee wechselt. Die jeweilige Intensität des Nebelniederschlags kann man recht gut an dem Deckungsgrad und der Uppigkeit der epiphytischen Kryptogamenvegetation ablesen (Kapitel 8.32). Die Phanerogamenvegetation bleibt dagegen im wesentlichen dieselbe, auch in der Umgebung der Probestfläche Ba, die arm an Nebelniederschlag und an Epiphyten ist. *Erica arborea* und *Myrica faya* als in der potentiell natürlichen Vegetation des Gebietes nach *Pinus canariensis* wichtigste Arten sind hier jedoch mit gleichen Mengenanteilen vertreten. Selbst in entwaldeten Gebieten, in denen Nebelniederschlag kaum möglich ist, können Lorbeerwaldbäume in Buschform mit fast der gleichen Häufigkeit wie in nahgelegenen Hochwäldern vorkommen, in denen reichlich Nebelniederschlag fällt.

Für die meisten Baumarten in den Lorbeerwäldern hat der zusätzliche Wassergewinn in den ohnehin niederschlagsreichen Jahreszeiten also offenbar keine ökologische Bedeutung. Nur die in den Kapiteln 4.11 und 4.12 geschilderten *Erica scoparia*-Buschwälder und epiphytenreichen Lorbeerwälder werden vom Nebelniederschlag mitgeprägt. Die im übrigen geringen Auswirkungen von Nebelniederschlag auf Tenerife finden ihre Erklärung teils in dem Einfluß anderer Klimafaktoren (Bewölkung, Sättigungsdefizit, Temperatur etc., Kapitel 5 und 7), teils in dem Aussetzen des Nebelniederschlags während des Sommers und nicht zuletzt auch darin, daß der Nebelniederschlag nur an Beständenrändern oder steilen Hängen und überhaupt nur auf kleinem Raume ergiebig ist. Zu ähnlichen Schlüssen führen die Messungen des Nebelniederschlags an anderen Stationen.

Meßstelle 11a in Laguneta Alta: *Pinus canariensis*-Lorbeermischwald

Lage: südwestlich der Station 11 im Süden der Lichtung von Laguneta Alta (Las Lagunetas) nahe der Straße. Nordrand eines dichten, gleichaltrigen, gepflanzten *Pinus canariensis*-Bestandes von 11-13 m Höhe. Lambert-Koordinaten nach der Karte 1:25000: 329,65/389,90.

Höhe: etwa 1447 m, Exposition: Nord, Hangneigung: etwa 1-2°.

Besondere klimatische Situation: mäßig windig, kühl und nebelniederschlagsreich.

Vegetation:

	Freiland (5 m vor dem Waldrand)	Walddinneres (3-34 m hinter dem Waldrand)
Baumschicht		
<i>Pinus canariensis</i>		5
Strauchschicht		
<i>Erica arborea</i>	1-2	r
<i>Rubus</i> sp.		r
Krautschicht		
<i>Cynosurus echinatus</i>	+	
<i>Linum</i> sp.	r+	
<i>Pteridium aquilinum</i>	+	+
<i>Origanum virans</i>	+	+
<i>Andryala pinnatifida</i>		+
<i>Galium rotundifolium</i>		+
<i>Erica maxima</i>		+
<i>Brachypodium silvaticum</i>		r
andere Gräser	2	+

Epiphytische Moose und Flechten sehr häufig, zusammen ca. 50 % der Fläche von Stämmen und größeren Ästen bedeckend. Weitgehende Übereinstimmung mit den epiphytischen Kryptogamengemeinschaften der Meßstelle 8a, nur mit noch ausgeprägterer Dominanz von Moosen und von Flechten vom Typ der Langflechte.

Die potentiell natürliche Vegetation dürfte sehr ähnlich derjenigen in der Cumbre (Meßstelle 8a) sein. Auf der Lichtung sind *Erica arborea*, *Pteridium aquilinum* und Gräser allgemein bis zum Rande des Waldes verbreitet. Die Bodenvegetation ist schon in wenigen Metern Entfernung vom Waldrand deutlich ärmer und ändert sich dann in dieser Hinsicht kaum noch bis zur Meßstelle von 34 m. Die zunehmende Uppigkeit des epiphytischen Flechten- und Moosbewuchses der Stämme und Äste zum Waldesinnern hin ist auffällig.

Wie an den Stationen 8a, 21a und 25a wurde in dem beschriebenen Gebiet die Niederschlagsmenge im Waldesinnern sowie auf einer Lichtung gemessen. Außerdem konnte hier die Niederschlagsverteilung an einem Waldrand verfolgt werden (Abb. 67). Zwei der bei Station 8a erwähnten kleinen Regenmesser wurden vor dem Waldrand und jeweils 10 auf einer Fläche von etwa 1 x 2 m in 5 Gruppen im Randbereich selbst und im Waldesinnern aufgestellt. Die Messungen erfolgten in der Zeit vom 26.3. bis 22.9.1971. Die bei jeder Ablesung erhaltenen Werte innerhalb der Gruppen von Regenmessern wurden jeweils gemittelt. Im übrigen gilt das für die Station 8a Gesagte.

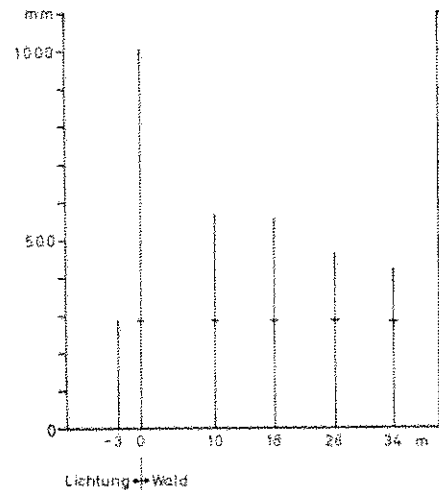


Abb. 67: Niederschlagssummen an einem windexponierten Waldrand und im Waldesinnern am Erdboden (Station 11a) in der Zeit vom 26.3.-22.9.1971.

Die Ergebnisse der Messungen sind in den Abbildungen 44, 64 und 67 dargestellt. Zum Vergleich der jahreszeitlichen Verteilung wurden die Kurven der Monatsmittel von den Stationen 11 und 11a nebeneinandergestellt (Abb. 44). Es zeigt sich, daß am Waldrande 1000 mm und an der am weitesten im Waldesinnern gelegenen Meßstelle 425 mm Niederschlag fielen, während im gleichen Zeitraum auf der Lichtung nur 280 mm gemessen wurden. Daß sich der Nebelniederschlag in mehr oder weniger ebenem Gelände besonders am Waldrand auswirkt, der Wind und Wolken frei exponiert ist, wird durch diese Daten bestätigt. Ein ökologischer Effekt dieses Gradienten läßt sich aber im Untersuchungsgebiet für Pterido- und Spermatophyten kaum nachweisen. Im Gegensatz dazu nimmt der Reichtum an epiphytischen Moosen und Flechten entgegengesetzt zum Nebelniederschlagsgefälle zu. Die möglichen Gründe für die am Waldrand ausgeprägte Gegenläufigkeit von Epiphytenbesatz und Nebelniederschlag sind unter den Mikroklimafak-

tieren zu suchen. Nach Untersuchungen an den Meßstellen 8a und 21a werden epiphytische Moose und Flechten durch das ausgeglichene luftfeuchte Binnenklima des Waldes gefördert, wohingegen sich am Waldrand die Lufttrockenheit an sonnigen Tagen nachteilig auf diese Epiphyten auswirkt.

Das Besondere des Waldbestandes der Station 11a ist die Üppigkeit des epiphytischen Bewuchses mit Moosen und Flechten vom Lungenflechtentypus. Diese epiphytischen Kryptogamenvegetation ist sehr charakteristisch für die nebelniederschlagsreichen Pinus canariensis-Lorbeerwälder im Kammbereich der Cumbre zwischen etwa 1200 und 1500 m.

Man kann nach dem Vorkommen der epiphytischen Moos- und Flechtengesellschaften in Kiefernwäldern die Verbreitung des Nebelniederschlags feststellen. Auf den fünf bewaldeten Inseln des Kanarischen Archipels wurde übereinstimmend beobachtet, daß in Gebieten, die auf Grund des Reliefs nebelniederschlagsreich sind, epiphytische Moose und Flechten viel häufiger sind als in den übrigen Teilen der Inseln. Während in den schattigen, relativ luftfeuchten Lorbeerwäldern Moose und Flechten als Epiphyten allgemein recht häufig sind, ist der Unterschied zwischen nebelniederschlagsarmen und -reichen Pinus canariensis-Wäldern durch den ungleichen Epiphytenbesatz auffallend. Pinus canariensis-Wälder, in denen Nebelniederschlag fehlt oder selten und unregelmäßig ist, weisen allenfalls einen Bewuchs mit Bartflechten auf, falls das Gebiet öfter in Wolken gehüllt ist. In nebelniederschlagsreichen Pinus canariensis-Wäldern hingegen überwiegen epiphytische Moose und Flechten vom Lungenflechtentypus (Kapitel 8.32).

Meine Untersuchungen zur Verbreitung epiphytischer Moos- und Flechtengesellschaften bekräftigen die durch Beobachtungen und Messungen an Station 11a unterbaute Feststellung, daß der Nebelniederschlag in der Pinus canariensis-Waldstufe und den Mischgebieten mit Lorbeerwäldern nur in mittleren Höhenlagen der Cumbre und hier nur in der unmittelbaren Nähe des Gehirgskammes eine wesentliche Rolle spielt.

Meßstelle 21a im Anaga-Gebirge: Epiphytenreicher Lorbeerwald

Die Probefläche 21a wurde bereits in Kapitel 7.2 beschrieben. Auf einer Fläche von etwa 14 x 8 m, die von rund 20 niedrigen, meist krummstämmigen und zum Teil auch schrägwachsenden Bäumen überdeckt war, standen am Erdboden 50 nach dem Zufall verteilte kleine Regenmesser in der Zeit vom 31.3.1971 bis 17.3.1972. Als Bezugswerte für Freilandmessungen wurden die Daten der nahegelegenen Station 21 verwendet (Abb. 1). Das von den dicht mit epiphytischen Moosen behangenen Ästen und Stämmen abfließende Wasser tropft bevorzugt an Knicken und Kniegungen ab. Nur mit einer großen Anzahl von Regenmassern konnte man daher die Variationsbreite des Nebelniederschlags erfassen. Einzelne Bäume, unter ihnen auch *Erica scoparia* ssp. *platycodon* und *Myrica faya*, deren Kronen einen halben bis einen Meter über das allgemeine Kronendach emporragten, erzeugten höhere Nebelniederschläge. Die bei jeder Ablesung erhaltenen Daten der 50 Regenmesser wurden gemittelt. Auf die Darstellung der Streuung kann verzichtet werden, weil sich keine Beziehung zwischen den kleinstmöglichen Unterschieden in der Niederschlagsmenge und in dem Pflanzenmosaik erkennen ließ (vgl. das zu Station 8a Genagte).

Vom Frühjahr bis zum Sommer 1971 lagen die hohen Berge des Anaga-Gebirges besonders oft in den Wolken, so daß ziemlich hohe Meßdifferenzen erreicht wurden. Im folgenden Herbst und Winter befand sich das Anaga-Gebirge aber häufig noch unterhalb der Wolkenuntergrenze, so daß nur wenig Nebelniederschlag zustande kam (Abb. 65a und 65b). Die Meßperiode von März 1971 bis März 1972 war mithin recht günstig für das Zustandekommen von Nebelniederschlägen. Trotzdem war deren Ergiebigkeit überraschend niedrig. Im Untersuchungszeitraum fielen nämlich im Lorbeerwald nur 1074 mm gegenüber 888 mm auf der Lich-tung. In diesem vegetationskundlich sehr typisch erscheinenden, epiphytenreichen Lorbeerwald am Anaga-Gebirgskamm betrug die durch Nebelniederschlag zusätzlich gewonnene Wassermenge (ohne Berücksichtigung der Interception) also nur 187 mm. Sie war hier viel geringer als auf der bereits besprochenen Probefläche in der Cumbre, deren Pflanzenbestand einen weniger hygromorphen Eindruck macht. Daß beide Gebiete floristisch und vegetationskundlich so verschieden sind und daß der nebelniederschlagsreichere Wald auffallend ärmer an feuchtigkeitsbedürftigen Arten ist, kann nur durch andere Standortsfaktoren erklärt werden, die stärkeren Einfluß auf das Artengefüge haben als der Nebelniederschlag. Wie bereits weiter oben ausgeführt, ist das Lokalklima des Anaga-Gebirgskammes zu fast allen Jahreszeiten wolkenreich und relativ

feucht-kühl, also ozeanisch. Außerdem fallen hier im langjährigen Mittel die höchsten Niederschläge, und das Klimadiagramm weist nur eine kurze sommerliche Trockenheit auf.

Vergleicht man die jahreszeitliche Verteilung der Wassermengen von den Stationen 21 und 21a, so läßt sich eine weitgehende Übereinstimmung feststellen, nur daß die Meßdifferenz immer etwas größer ist als der Nebelniederschlag. Wie auch aus Abbildung 65c hervorgeht, ist die zusätzliche Wasserversorgung durch Nebelniederschlag im Bereich dieses an trockenheitsempfindlichen Arten so reichen Waldes allgemein so gering, daß sie kaum als ökologischer Faktor ins Gewicht fallen dürfte. Das gilt wahrscheinlich auch für die tiefer am Hang gelegenen, stärker trockenheitsvertragenden Typen von Lorbeerwäldern.

Die nebelniederschlagsreichere Station 24 im Anaga-Gebirgskamm kann als charakteristisch für die besonders exponierten Geländeteile dieses Bereichs gelten (Abb. 65a und 65b). Die Vegetation dieser Probestfläche gleicht der von den Stationen 21a und 25a weitgehend und läßt keine Beziehungen zu den höheren Nebelniederschlägen erkennen.

Messstelle 25a an der Montaña Cruz de Taborno:
Epiphytenreicher Lorbeerwald

Lage: Nordnordosthang der Montaña Cruz de Taborno, dicht oberhalb der Straßenabzweigung nach Las Carboneras in einem Lorbeerniederwald (Abb. 1). Lambert-Koordinaten nach der Karte 1:25000: 344,10/403,47.

Höhe: etwa 960 m, Exposition: annähernd Nord, Hangneigung: etwa 25°-35°.

Besondere klimatische Situation: windig, kühl, anscheinend nebelniederschlagsreich.

Vegetation: Baumschicht, 5 bis 6 m hoch

<i>Erica scoparia</i> ssp. <i>platycodon</i>	3
<i>Laurocerasus lusitanica</i> ssp. <i>hixa</i>	2
<i>Laurus azorica</i>	1
<i>Myrica faya</i>	+
<i>Ilex canariensis</i>	+

Strauch- und Krautschicht

<i>Viburnum rigidum</i>	+
<i>Phyllis nobilis</i>	+
<i>Rubus</i> sp.	r
<i>Hypericum grandifolium</i>	+
<i>Woodwardia radicans</i>	1
<i>Dryopteris oligodonta</i>	1
<i>Asplenium onopteris</i>	+
<i>Asplenium hemionitis</i>	r
<i>Pteridium aquilinum</i>	r
<i>Luzula canariensis</i>	1
<i>Ranunculus oortusifolius</i>	1
<i>Galium rotundifolium</i>	r

Sehr üppiger epiphytischer Moosbehang, weniger Flechten vom Langenflechten-typus, zusammen ca. 70 % der Fläche von Stämmen und größeren Ästen bedeckend.

Die potentiell natürliche Vegetation dieses Gebietes wäre ein etwa 15 m hoher Lorbeerwald, wie er für den Anaga-Gebirgskamm typisch ist. Dieser Wald macht durch seinen Reichtum an trockenheitsempfindlichen Arten, die wie *Luzula canariensis* auf Tenerife ihren Verbreitungsschwerpunkt im Anaga-Gebirge haben, am ehesten den Eindruck eines "Nebelwaldes", wozu auch die langen Moosbärte an den Ästen und Stämmen beitragen. Die Station 25a liegt an einem Wind und Wolken besonders ausgesetzten Hang des höchsten Berges im Anaga-Gebirge gegen die nach Norden geöffneten Täler. Die Lavaseiten dicht unterhalb des Gebirgskammes sind im Anaga-Gebirge am windigsten und nebelniederschlagsreichsten. In der Nähe der Station 25a waren einige stark exponierte obere Zweige von *Erica scoparia* ssp. *platycodon* abgestorben.

In dem beschriebenen Wald, dessen Bäume meist krumm oder schräg gewachsen sind, standen auf einer etwa 14 m langen Linie längs zum Hang (aus technischen Gründen nur) 10 kleine Regenmesser, und zwar in der Zeit vom 22.4.1971 bis 14.3.1972. Die Werte jeder Ablesung der 10 Regenmesser wurden gemittelt. Auch bei dieser Station schwankte die abtropfende Wassermenge kleinräumig. Stammablauf wurde nicht beobachtet; die Interzeption ist nicht bekannt, dürfte jedoch recht hoch sein. Als Vergleichswert vom Freiland dienten Daten eines am Erdboden auf einer Lichtung in der Nähe aufgestellten kleinen Regenmessers. Im Untersuchungszeitraum fielen im Wald 1063 mm gegenüber 883 mm Niederschlag im

Tab. 3: Ergänzende Klimadaten von Tenerife (in Klammern spezialisierte Werte).
 Daten übernommen aus WETZ DE LEBES (1962), zum Teil vervollständigt
 und korrigiert. Die Lage der Stationen ist aus Abb. 1 ersicht-
 lich (vgl. Kapitel 3.4).

Station	Jährlicher Niederschlag (mm)			Temperatur (°C)			rel. Luftfeuchte (%)		
	Min.	Mittel	Max.	absol. Min.	Jahresmittel	absol. Max.	niedrigstes Monatsmittel	Jahresmittel	höchstes Monatsmittel
a. Santiago del Teide	126,4	332,3 (300-550)	917,0						
b. Adeje	94,4	(420)			18,7				
c. Puerto de los Vinos	15	139,1	403,6	-2	14,3	>35			
d. Villavieja	136,9	310,5	1552,2	-10,1	9,1	30,6	22	42	54
e. Cañada de la Grieta		345							
f. Realdejo Bajo		478,6			16-17	41			
g. Granadilla		>294							
h. Puerto de la Cruz	148,5	349,4	544,2		19,7		70	75	79
i. La Paz		423							
j. El Hamal (La Orotava)		429,2							
k. La Matanza		605,4							
l. El Escoborial		389							
m. El Escoborial		436							
n. El Escoborial		154,5	443,5						
o. Puerto de Abona	23,5	707	1072						
p. Arico		280			17,7	>40			
q. Tacoronte		<271	503		18,1				
r. Güimar		428							
s. Canastillas		333,3							
t. Pico Tejuna		617							
u. Bajamar		313,9							
v. Tegueste		582,4							
w. Punta del Hidalgo	274	947,8	>1000	0,1	15,2	41,2	71	80	86
x. Las Mercedes		252	582,7	8,1	20,8	40,4	51	58	65
y. Santa Cruz de Tenerife	100	539							
z. Tegana		434							
aa. Puerto de Anaga	176,4	480,2	1402,1	-9,1	9,6	28,7	23	43	56
ab. O.M. d. Anaga	384,0	680,1	1101,3		15,3	>40			
ac. Los Rodeos									

Freiland. Die ausfallende Wassermenge ist also ebenfalls überaus gering, liegt aber mit 279 mm über derjenigen von Station 21a, obwohl der Meßzeitraum etwas kürzer war. Rechnet man die Werte auf ein volles Jahr um, so verschiebt sich das Verhältnis kaum. Die Messungen an beiden Stationen geben die Größenordnung der durchschnittlichen Nebelniederschläge auf der Nordseite des Anaga-Gebirges wahrscheinlich ziemlich repräsentativ wieder.

Die Abbildungen 32 bis 61 lassen erkennen, daß bei ungewöhnlichem Auftreten von wolkenreichem, regnerischem Wetter im Hochsommer relativ hohe Beträge nicht nur an Nebelniederschlag, sondern auch an fallenden Niederschlag erreicht wurden. Es ist bezeichnend, daß sich solche sommerlichen Regenfälle in mittleren Gebirgslagen, namentlich im Anaga-Gebirge, besonders bemerkbar machen.

B.23 Ergänzende Angaben zum Wasserfaktor

Zur Beurteilung der Feuchtigkeitsverhältnisse (soweit sie sich nicht schon aus den Klimadiagrammen und den übrigen mitgeteilten Daten abschätzen lassen) sind in Tabelle 3 revidierte Daten von Niederschlag, Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit von zahlreichen Stationen Tenerifes zusammengestellt worden.

Von großer ökologischer Bedeutung sind die im Sommer gelegentlich auftretenden saharischen Hitzewellen. Die heftigen, trocken-heißen Ost- bis Südostwinde machen sich nach meinen Beobachtungen im Nordwesten Tenerifes am wenigsten bemerkbar. Im Südosten hingegen liegen die von meteorologischen Stationen gemessenen absoluten Maxima allgemein über 40°, und besonders in mittleren Gebirgslagen Tenerifes werden noch Werte von über 41° erreicht. Diese austrocknenden Winde können die Gumpen übersteigen und als heftige Fallwinde auch im unteren Orotava-Tal erheblichen Schaden an Häusern, Sträuchern und Kulturen anrichten. Nachdem der Sturm im Spätsommer 1971 fünf Tage angehalten hatte, begann *Erica arborea* auf Felsklippen und anderen felsgründigen Standorten an herausragenden Zweigen ihre Blätter zu verlieren. An ähnlichen Stellen waren nach einer Woche an *Viburnum rigidum* und einigen anderen Lorbeerwaldpflanzen viele Blätter vertrocknet. Sogar im Anaga-Gebirgsraum wurden einige aus Teil vertrocknete kleine *Laurus americana*-Bäume an exponierten Südhängen beobachtet.

Die epiphytischen Moos- und Flechten in den normalerweise nebelniederschlagsreichen Wäldern waren in diesen Tagen vollständig ausgedörrt. Die mikroklimatischen Verhältnisse an Nordhängen in sonst nebelniederschlagsreichen Gebieten sind aus Abbildung 30 (10.7.1971) ersichtlich.

Außerhalb der Lorbeerwaldstufe fielen fast keine Trockenschäden an wildwachsenden Pflanzen auf. Am besten geschützt vor solchen Winden sind die tiefen Schluchten an den Nordhängen der Insel. Mirrejahre machen sich lokal an der Südküste besonders bemerkbar. So beobachtete ich, daß die Südküste Tenerifes, die Südküste La Gomeras und die Südküste El Hierros im Winter 1971/72 extrem trocken waren, während die Niederschläge im Norden der Inseln ergiebig ausfielen.

B.3 Nebelniederschlag und Vegetation auf Tenerife

Während in den vorangehenden Kapiteln das Schwergewicht der Darstellungen auf den Meßergebnissen lag, soll der Einfluß des Nebelniederschlags nunmehr aus vegetationskundlicher Sicht und zusammenfassend besprochen werden.

Nach früheren Beobachtungen und Untersuchungen wurde allgemein angenommen, daß der Nebelniederschlag auf den Kanarischen Inseln beträchtlich zur Wasserversorgung der Waldvegetation, insbesondere der Lorbeerwälder, beiträgt und daß er deren Charakter wesentlich mitbestimmt. Diese Interpretation wurde durch folgende Vorfälle begünstigt:

1. Nebelniederschlagsmessungen in Pflanzenbeständen waren nur vereinzelt und mit einer zu geringen Anzahl von Regenmessern durchgeführt worden.
2. Die jahreszeitliche und räumliche Verteilung des Nebelniederschlags, insbesondere seine Abhängigkeit vom Relief der Inseln, war noch zu wenig bekannt.
3. Der Nebelniederschlag wurde isoliert und ohne Interpretation anderer Standortsfaktoren betrachtet.
4. Die geringe floristische, vegetationskundliche und ökologische Durchforschung des Archipels gestattete die Einordnung einzelner Phänomene in ein detailliertes Gesamtbild von Flora und Vegetation der Kanarischen Inseln und Makaronesiens noch nicht in dem Maße, wie dies inzwischen möglich geworden ist.

Welche Bedeutung kommt nun dem Nebelniederschlag tatsächlich zu? Diese Frage sei besonders im Hinblick auf die Kapitel 4 und 5.4 sowie auf die Abbildung 2 erörtert.

8.31 Auswirkungen auf die Waldvegetation

Nach Eindrücken im Gelände liegt die Annahme nahe, daß die *Erica scoparia*-Buschwälder (Kapitel 4.11) und die epiphytenreichen Lorbeerwälder (Kapitel 4.12) besonders stark vom Nebelniederschlag geprägt seien. Die Standorte dieser Wälder sind aber aus verschiedenen anderen, in den Kapiteln 5 und 7 erörterten Gründen kühl-feucht und relativ ozeanisch, vor allem am Kamm des Anaga-Gebirges. Die Rolle des Nebelniederschlags für die Ökologie der Wälder läßt sich also hier im einzelnen nur schwer beurteilen, da sich die genannten klimatischen Eigenschaften gleichsinnig auswirken. Jedenfalls ergaben die in Kapitel 8.22 besprochenen Messungen nur unbedeutende Mehrbeträge durch Nebelniederschlag in den Beständen.

Im Anaga-Gebirge und in Teilen von La Gomera besitzt eine Reihe von Arten ihren einzigen Wuchsart auf den Kanaren. Zahlreiche Bäume, Sträucher und Kräuter haben zumindest ihren Verbreitungsschwerpunkt im Anaga-Gebirgskamm, wie bereits am Beispiel von *Ilex perado* ssp. *platyphylla* erwähnt wurde (Abb. 3). Auch viele gegen Trockenheit besonders empfindliche Pteridophytenarten haben hier ihr Schwergewicht. Diese floristischen Befunde darf man aber eben- sowenig ausschließlich mit Nebelniederschlägen in Verbindung bringen wie die vegetationskundlichen. Flächenmäßig haben übrigens die genannten Gebiete im Vergleich zum Rest der Inseln nur geringe Bedeutung.

Die "normalen" Lorbeerwälder (Kapitel 4.13) liegen auf Tenerife wie auf den übrigen Inseln ganz überwiegend in Gebieten, in denen zwar gelegentlich Nebelniederschlag vorkommen kann, aber doch kaum jemals entscheidende Bedeutung erlangt, weil sie sich meistens unterhalb der Wolkendecke befinden (Abb. 2 und 21). Nebelniederschlag ist in dieser Lorbeerwaldstufe auf Gebiete oberhalb von 900-1100 m konzentriert, wo häufig die Wolkengrenzlinie liegt. Die normalen kanarischen Lorbeerwälder müssen also ganz überwiegend - und auf allen fünf Waldinseln - ohne die zusätzliche Wasserversorgung durch Nebelniederschlag auskommen. Die verdanken ihre Verbreitung vor allem den hohen Regenmengen, der Beschattung durch die Wolkendecke, den verhältnismäßig ausgeglichenen Temperaturen und anderen Vorteilen, die sich aus der allgemeinen Nordexposition und dem Mikrorelief ergeben. Diese Vorteile sind in erster Linie durch die topographische Lage bedingt, können also durch Waldzerstörung kaum vermindert werden.

In der Übergangsstufe von Lorbeerwäldern zu *Pinus canariensis*-Wäldern (Kapitel 4.21) liegen einige Bereiche, die sehr viel Nebelniederschlag aufweisen. Zwischen Izaña und La Laguna in der Cumbre werden häufig Wolken über die Kuppen und Grate hinwegbewegt, so daß zum winterlichen Regen lokal mehrere Tausend mm zusätzlicher Nebelniederschlag hinzukommen können (Kapitel 8.22). Mit zunehmender Meereshöhe bleibt dieser Nebelniederschlag jedoch länger aus, weil die Wolkendecke oftmals tiefer liegt. Solche Trockenzeiten wiegen ökologisch offenbar schwerer als die Zeiten mit enorm hohen fallenden und Nebel-Niederschlägen. Jedenfalls ist der Vegetations- und Floriencharakter hier im Vergleich zu den eigentlichen Lorbeerwäldern eher xeromorph (vgl. die Aufnahmen von den Stationen 8a und 11a mit denen von 21a und 25a).

In den übrigen *Pinus canariensis*-Lorbeermischwäldern an der Nordabdachung von Tenerife stehen die Wolken fast ohne Bewegung, weil sie über die Berge wegen der Luftschichtung nicht emporzusteigen vermögen. Unter solchen Umständen ist der Nebelniederschlag sehr gering (Kapitel 8.21). Trotzdem unterscheidet sich die Pterido- und Spermatophytenvegetation nur ganz unerheblich von derjenigen in den Nebelniederschlagsreichen Nachbargebieten.

Daß der Nebelniederschlag in der *Pinus canariensis*-Lorbeermischwaldstufe trotz lokal extrem hoher Wassermengen ökologisch für Gefäßpflanzen keine wesentliche Rolle spielt, erklärt sich nicht nur daraus, daß er dort infolge der sommerlichen Absinkens der Wolkengrenzlinie in der entscheidenden Jahreszeit weichenlang aussetzen kann. Am nachhaltigsten wird vielmehr die Vegetationsstufung oberhalb von etwa 1000-1300 m durch die Abnahme von Niederschlag und sommerlicher Bewölkung sowie durch das zunehmend extreme Gebirgsklima geprägt. Die lokal sehr hohen Nebelniederschlagswerte entlang des Cumbre-Gebirgskammes, der sich durch alle Höhenstufen von etwa 600 bis auf 2400 m hinaufzieht, beeinflussen die Vegetationsstufung nur schwach, und zwar im Sinne einer leichten Förderung mesomorpher Arten in der jeweiligen Höhenstufe.

In den meisten reinen *Pinus canariensis*-Wäldern (Kapitel 4.22) ist der Nebelniederschlag so selten, daß er ökologisch kaum Bedeutung erlangt.

In den höchstgelegenen *Pinus canariensis*-Wäldern sowie in der oberen waldfreien Stufe kommt Nebelniederschlag nur lokal und vor allem in den Wintermonaten, und dann meist in Form von Rauhfrost oder Nebelfrost vor. Da zu dieser Jahreszeit ohnehin genügend Wasser vorhanden und die Transpiration gering ist, hat der Nebelniederschlag im Hochgebirge kaum eine positive ökologische Bedeutung. Doch kann der bei Unwettern im Winter auf den Bäumen lastende Nebelfrost schwere Schäden anrichten (Kapitel 5.1). Oberhalb der Waldgrenze, wo der Nebelniederschlag zeitweilig recht ergiebig sein kann, bleibt er in der ohnehin ariden Sommerzeit oft sehr lange aus, da diese Gebiete dann oberhalb der Wolkendecke liegen (Abb. 20 und 21).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Verteilung der Gefäßpflanzen, insbesondere der Bäume, auf den Kanarischen Inseln kaum oder gar nicht von der Höhe der Nebelniederschläge abhängt. Deutlich reagieren jedoch die Moose und Flechten auf diesen Faktor, insbesondere soweit sie epiphytisch leben.

6.32 Epiphytenbesatz

Epiphytische Farne und Samenpflanzen sind auf den Kanaren selten und zeigen keine eindeutige Beziehung zum Nebelniederschlag. Umso mehr ist dies bei epiphytischen Moosen und Flechten der Fall (Literaturhinweise hierzu bei GUNDING 1973).

In Wäldern des Anaga-Gebirgskammes werden durch Nebelniederschlag vor allem Moose gefördert, die frei von den Ästen und Stämmen herabhängen und bis zu 50 cm lang werden. An nebelniederschlagsreichen Stellen sind rund die Hälfte bis zwei Drittel der Fläche von den Baumstämmen und -Ästen mit Moosen überwuchert und zum Teil auch mit Flechten vom *Pulmonaria*-Typ besetzt. Bart- und Strauchflechten kommen in derartigen Wäldern verhältnismäßig selten vor. Die geringe Häufigkeit von Bartflechten in nebelniederschlagsreichen Wäldern könnte damit zusammenhängen, daß hier oft starker Wind weht, unter dessen Einwirkung Flechten eher von ihrer Unterlage abgerissen werden als Moose.

Da die basalen Teile der Lorbeerwaldbäume in Höhenlagen oberhalb von etwa 700 m auch ohne Nebelniederschlag zum Teil mit Moosen bewachsen sind, gehen die epiphytischen Moosgesellschaften nebelniederschlagsarmer Lorbeerwälder im Anaga-Gebirge vielerorts gleitend in die von Nebelniederschlag und seinen klimatischen Begleitumständen geförderte epiphytische Kryptogamenvegetation über. Nur an den Oberhängen der *Vuelta de Taganana* im nördlichen Anaga-Gebirge, wo die Wolkengrenzlinie häufig bei etwa 900 m liegt, nimmt der Bewuchs mit epiphytischen Moosen etwa von der genannten Höhe an nach oben hin sprunghaft zu.

Epiphyllie Moose wurden auf Tenerife nur im östlichen Anaga-Gebirgskamm auf älteren Blättern von Lorbeerwaldbäumen beobachtet; auch hier sind sie sehr selten.

Wo in *Pinus canariensis*-Lorbeermischwäldern der mittleren Höhenlagen in der *Cumbre* starker Nebelniederschlag vorkommt, sind Stämme und Äste ebenso mit eng anliegenden bis hängenden Moosen sowie mit Flechten vom *Pulmonaria*-Typ überzogen wie in Lorbeerwäldern. Die von epiphytischen Kryptogamen bedeckte Fläche an Stämmen und Ästen ist allerdings häufig etwas geringer. Reicher Epiphytenbesatz fällt in Kieferwäldern besonders auf, weil er den übrigen Beständen in der Regel fehlt.

Nebelniederschlagsarme *Pinus canariensis*-Wälder sind vor allem wegen des trockeneren Allgemeinklimas (Abb. 2) viel ärmer an epiphytischen Moosen als Lorbeerwälder. Wo die Berge oft in ruhende, nicht oder kaum vom Wind bewegte Wolken gehüllt sind, können jedoch Bartflechten in *Pinus canariensis*-Wäldern auf der Nord- wie auf der Südabdachung von Tenerife gehäuft vorkommen. Bartflechten sind in den eigentlichen Nebelniederschlagsgebieten selten und eher typisch für windärmere Wälder mit regelmäßig auftretenden Nebeln ohne Niederschlagswirkung.

6.4 Nebelniederschlag auf den übrigen Kanarischen Inseln und auf Madeira

Zur Ergänzung und Sicherung der auf der Insel Tenerife gewonnenen Ergebnisse wurden die übrigen Inseln des Kanarischen Archipels sowie Madeira einbezogen.

La Gomera

Die Verhältnisse von La Gomera ähneln in vieler Hinsicht denen des Anaga-Gebirgskammes, mit dem nicht nur orographische, sondern auch viele klimatische, floristische und vegetationskundliche Gemeinsamkeiten bestehen. Vom Ostnordosten erstreckt sich über das Zentrum der Insel bis zum Nordwesten die Hauptwasserscheide La Gomeras. Über die Berge, Grate und Kämme dieses rund 800 bis 1427 m hohen Rückens werden wie im Anaga-Gebirge zu allen Jahreszeiten häufig Wolken hinwegbewegt, so daß es oft zu Nebelniederschlag und einem insgesamt kühl-feuchten ozeanischen Klima kommt. Die im Norden oft kilometerweit über das Meer hinaus gestaute Wolkendecke und ihr Überfließen ins Lee, wo sie sich nach wenigen Hundert Metern auflöst, sind vor allem im Ostnordosten, im Westen und Nordwesten von La Gomera zu beobachten. Ein üppiger Behang mit epiphytischen Moosen, der trockenheitsempfindliche Unterwuchs von Kräutern und Farnen und die besondere floristische Zusammensetzung der Lorbeerwälder erinnern an die Vegetation des Anaga-Gebirgskammes. Normale Lorbeerwälder, besonders solche mit dominierender *Fernex indica* in den Tälern, liegen wie auf Tenerife meist im Schatten der Wolkendecke. Auf La Gomera befinden sich die waldfreien südlichen Küstengebiete nur etwa 10 km entfernt von den vor Feuchtigkeit triefenden Lorbeerwäldern, in denen die Niederschläge rund 1000 mm höher sind als an der Südküste.

El Hierro

Auf dieser Insel spielt der Nebelniederschlag eine vergleichsweise geringe Rolle. Er kommt hier entlang des Hauptkamms der Insel vor, besonders aber in dem rund 800-1200 m hohen Nordosten der Insel, der heute weitgehend entwaldet ist. Im Sommer, wenn die Wolkendecke meistens relativ niedrig ist, liegt dieses Gebiet im Überfließbereich der Wolken, so daß an exponierten Bäumen und Strüchern starker Nebelniederschlag möglich ist. In dem bis 1500 m aufragenden Zentrum und im Westen der Insel hat der Nebelniederschlag, ähnlich wie in der Cumbre Tenerifes, in *Pinus canariensis*-Lorbeermischwäldern nur eine sehr geringe Förderung mesomorpher Pterido- und Spermatophytenarten zur Folge, während er den Bewuchs mit epiphytischen Moosen, Flechten und zum Teil auch mit *Aichryson* sp. fördert. Von den für den Anaga-Gebirgskamm und entsprechende Teile von La Gomera typischen Lorbeerwald-Baumarten kommt auf El Hierro bezeichnenderweise nur *Erica scoparia* ssp. *platycodon* und auch diese nur sehr selten vor.

Gran Canaria

Nach meinen klimatologischen und vegetationskundlichen Beobachtungen ist es sehr wahrscheinlich, daß der Nebelniederschlag auf Gran Canaria und La Palma in der Lorbeerwaldstufe nur selten und unergiebig ist. In den höher gelegenen *Pinus canariensis*-Lorbeermischwäldern oder in reinen *Pinus canariensis*-Wäldern kann er häufiger und stärker sein.

Auf Gran Canaria ist der Nebelniederschlag anscheinend fast ganz auf den bis zu 1952 m hohen Hauptgebirgskamm beschränkt, der das Zentrum der Insel von Nordwesten nach Südosten durchzieht. Nur hier kommt es öfters zum Überfließen der Wolken. Besonders über das Gebiet zwischen dem Zentrum und Tamadaba im Nordwesten werden die Wolken nicht selten reichlicher hinwegbewegt, so daß hier in *Pinus canariensis*-Wäldern Nebelniederschlag fallen dürfte. Epiphytische Flechten, insbesondere Hartflechten, sind auch in einigen anderen Gebieten nahe dem Zentrum der Insel anzutreffen.

La Palma

Wie auf Gran Canaria liegen auf La Palma die Grate und Berge, über die Wolken hinwegfließen können, größtenteils oberhalb der optimalen Lorbeerwaldstufe, so daß diese Gebiete, wie die Cumbre auf Tenerife, dem nach oben zunehmend extremen Klima und der sommerlichen Hitze und Lufttrockenheit höherer Lagen ausgesetzt sind. Nebelniederschlag kommt auf La Palma besonders im langgestreckten Gebirgssattel zwischen Cumbre Nueva und Cumbre Vieja vor. Hier wachsen *Erica arborea*-reiche und mit *Pinus canariensis* durchsetzte Lorbeerwälder, die aber artenärmer sind als auf Tenerife. Dieser Kammbereich liegt im Sommer oft schon oberhalb der Wolken. Während der anderen Jahreszeiten stürzen die Wolken aber oftmals wie Wasserfälle vom Luv ins Lee. Er ist von den nur etwa 400 m niedrigeren Anaga-Gebirgskamm klimatisch, floristisch und vegetationskundlich so verschieden, daß er die in Kapitel 8.2 dargestellten Zusammenhänge zwischen Relief, jahreszeitlicher und räumlicher Verteilung des Nebelniederschlags und Artengefüge der Vegetation deutlich vor Augen führt. Mehr noch als Tenerife, La Gomera und El Hierro ist La Palma von Natur aus völlig bewal-

det, mit Ausnahme eines schmalen Küstenstreifens. Vom Nebelniederschlag wird auch hier die Vegetation nur in bestimmten Gebieten zusätzlich beeinflusst, während der Bewölkung eine entscheidende ökologische Bedeutung zukommt.

Die vegetationskundlichen Verhältnisse auf den soeben genannten vier Inseln sind relativ gleichartig, während auf Gran Canaria die Untergrenze des Waldes bereits etwas höher liegt und auf den Inseln Lanzarote und Fuerteventura der Wald auf suboptimale Lorbeerwaldstandorte beschränkt ist.

L a n z a r o t e und F u e r t e v e n t u r a

Entgegen der verbreiteten Ansicht, daß die über 500 m hohen Berge dieser Inseln unterhalb der Wolken liegen, kann man im Norden von Lanzarote und auf der Jandia-Halbinsel im Süden von Fuerteventura zuweilen den Stau und das Überfließen von Wolken beobachten, besonders im Sommer bei tiefliegender Wolkendecke. Die schematische Einteilung der Vegetation auf den Kanaren in Stufen unter, in und über den Wolken und die Überbetonung der Unterschiede zwischen Lav und Loe haben dazu geführt, daß man die durch das Relief der Inseln und die Jahreszeiten entstehenden Schwankungen von Wolkengrenze- und -untergrenze kaum berücksichtigt.

Auf den beiden Ostinseln des Archipels wachsen in den Felswänden der höchsten Berge, die gelegentlich von Wolken überströmt werden, sogar Arten aus der Lorbeerwaldstufe oder ihres ökologischen Randbereichs. Hier darf ein schwacher Nebelniederschlag als zusätzliche Wasserquelle angenommen werden. Diese beiden kleinen Gebiete haben am ehesten Ähnlichkeit mit den Nebelosen in sonst arider Umgebung, wie sie z.B. von der Pazifikküste Südamerikas bekannt sind (ELLENBERG 1959).

M a d e i r a

Die bis 1861 m hohe Insel ist im ganzen wesentlich niederschlagsreicher als die Kanarischen Inseln, so daß Lorbeerwälder und ihnen ökologisch nahestehende Pflanzengesellschaften die ganze Insel, von der Küste bis zu den hohen Bergen, beherrschen (SJOOGREN 1972). Nebelniederschlag wurde von mir auf der Nordseite der Insel zwischen etwa 1000 und 1400 m beobachtet. Wie auf den Kanaren fließen hier besonders bei Wetterlagen mit ausgeprägter Luftschichtung Wolken von Norden nach Süden über Berge, Klüfte, Pafliücken und Plateaus, wobei es an exponierten Büschen und Bäumen zu Nebelniederschlag kommt. Die Lorbeerwälder auf Madeira sind aber ohnehin sehr niederschlagsreich. Zusätzliche Wassermengen durch Nebelniederschlag dürften hier von noch geringerer ökologischer Bedeutung sein als auf Tenerife.

Überblick über alle behandelten Inseln

Vergleicht man alle Inseln miteinander, so entsteht folgendes Bild von den Hauptverbreitungsbereichen des Nebelniederschlags:

1. epiphytenreiche Lorbeerwälder im Anaga-Gebirgskamm, in Teilen von La Gomera und auf Madeira;
2. Lorbeerwälder mit geringem Pinus canariensis-Anteil in Teilen von El Hierro, im Teno-Gebirge und vielleicht in Teilen von La Gomera;
3. Pinus canariensis-Lorbeermischwälder in der Cumbre von Tenerife, in Teilen von El Hierro, auf Gran Canaria und La Palma;
4. im ökologischen Übergangsbereich von Lorbeerwäldern zur baumarmen bis -freien unteren Stufe auf Lanzarote und Fuerteventura.

In Makaronesien lassen sich nach meinen Beobachtungen zwei Haupttypen von Vegetationsstufungen unterscheiden, eine "gipfelfeuchte" und eine "gipfel-trockene". Die erstere findet sich auf den Azoren, auf Madeira, im Anaga-Gebirge und in randlichen Teilen von La Gomera. Hier gehen die normalen makaronesischen Lorbeerwälder in einer ausgesprochen kühl-feuchten, windigen, wolken- und niederschlagsreichen Bergstufe allmählich in mittelhoch bis niedrige Wälder oder in Buschland über. Für die Kanarischen Inseln wurde diese Stufenfolge in den Kapiteln 4.1, 4.3 und 5.4 beschrieben (vgl. auch Abb. 2). Die Obergrenze der normalen Lorbeerwälder liegt im Norden von Madeira ungefähr in derselben Höhe wie im Anaga-Gebirge und auf La Gomera (d.h. in etwa 800-1100 m), auf den Azoren hingegen etwas tiefer. Diese Vegetationsstufung wird in der oberen Waldstufe von verhältnismäßig feuchtigkeitsbedürftigen, immergrünen Moospflanzen bestimmt. Sie kann erklärt werden durch die mit steigender Höhe zunehmende Bewölkung und verminderte Einstrahlung sowie die infolgedessen sinkende Stoffproduktion. Auch die Temperaturabnahme mit der Höhe spielt natürlich eine Rolle, nicht dagegen der Wassermangel.

Auf El Hierro, La Palma, in zentralen Teilen von La Gomera, im Teno-Gebirge, in zentralen Teilen von Tenerife, der Cumbre, auf Gran Canaria und vermutlich auch auf den Kapverdischen Inseln wird dagegen Wassermangel in den Hochlagen zum entscheidenden Faktor. In der hier zu beobachtenden "gipfeltrockenen" Vegetationsstufe gehen die normalen makaronesischen Lorbeerwälder (beziehungsweise ihre Äquivalente auf den Kapverden) an den zeitweilig sehr niederschlagsarmen und lufttrockenen, stark inselierten hohen Bergen in Trockenwälder oder in Buschland über (Kapitel 4 und 5). Bei beiden Stufenfolgen spielt Nebelniederschlag eine untergeordnete, nur lokal bedeutsame Rolle.

Dadurch, daß auf Tenerife beide Typen von Vegetationsstufen auf kleinem Raum nebeneinander vorkommen und gut verglichen werden können, sind die hier durchgeführten Untersuchungen von besonderem Interesse für ganz Makaronesien.

9. Zusammenfassung

1. Vom Sommer 1970 bis zum Frühjahr 1972 wurden auf Tenerife folgende Untersuchungen ausgeführt: Niederschlagsmessungen nach Hellmann und Nebelniederschlagsmessungen nach Grunow an 25 Stationen; Niederschlagsmessungen mit zahlreichen Auffangtrichtern in Wäldern an 4 Stationen; Meso- und Mikroklimamessungen in verschiedenen Teilen Tenerifes sowie klimatologische, vegetationskundlich-ökologische und floristische Beobachtungen.
2. Häufiger und ergiebiger Nebelniederschlag kommt auf Tenerife fast nur an quer zur Hauptwindrichtung verlaufenden Gebirgskämmen vor, über die (wie in der Cumbre und im Anaga-Gebirge auf Tenerife) häufig Wolken hinwegbewegt werden.
3. Während im Winter auf Tenerife Nebelniederschlag gelegentlich in allen Höhenstufen auftreten kann, ist er im Sommer durch das Absinken der Wolkenobergrenze im wesentlichen auf Gebiete beschränkt, die zwischen 700-800 und 1100-1200 m Meereshöhe liegen.
4. Die jahreszeitliche Verteilung des Nebelniederschlags ist ähnlich wie die des fallenden Niederschlags, so daß der Charakter des Winterregens kaum, und allenfalls nur lokal, durch diese zusätzliche Wasserquelle geändert wird.
5. Die jahreszeitliche und räumliche Verteilung von fallenden Niederschlägen und Dürrezeiten sind auf den Kanaren von entscheidender Bedeutung für das Gefüge der Vegetation.
6. Die Bewölkungsverhältnisse, die vertikale Verteilung des Sättigungsdefizits der Luft und das von etwa 1000 m nach oben hin zunehmend extreme Strahlungsklima beeinflussen deutlich die Vegetationsstufe auf den Kanaren, insbesondere die Obergrenzen der Lorbeer- und *Pinus canariensis*-Wälder.
7. Die Bedeutung des Nebelniederschlags für die Lorbeerwälder ist geringer, als bisher angenommen wurde. Selbst im Anaga-Gebirgskamm und in Teilen von La Gomera wird die Wasserversorgung durch Nebelniederschlag nur wenig erhöht und nicht entscheidend verändert. Er kann hier etwa 300 mm im Jahr betragen.
8. In den *Pinus canariensis*-Lorbeerbuschwäldern und in den noch höher gelegenen reinen *Pinus canariensis*-Wäldern kann zwar durch Nebelniederschlag kleinräumig eine zusätzliche Wassermenge von mindestens 2500 mm im Jahr anfallen. Doch sind dieselben Wälder im Sommer großer Trockenheit ausgesetzt, weil sie oberhalb der Wolkendecke liegen.
9. Die Verbreitung der Lorbeerwälder auf den Kanarischen Inseln deckt sich nirgends mit der Verbreitung häufiger und ergiebiger Nebelniederschläge. Auch andere Waldtypen zeigen keine eindeutige Abhängigkeit vom Ausmaß und von der zeitlichen Verteilung des Nebelniederschlags.
10. Nebelniederschlag und seine Begleitumstände fördern auf den Kanarischen Inseln vor allem epiphytische Moose sowie Flechten vom *Pulmonaria*-Typ, in geringerem Maße auch feuchtigkeitsbedürftige Gefäßepiphyten. Bartflechten vom *Usnea*-Typ sind vor allem in Wäldern mit ruhenden oder nur wenig vom Wind bewegten Nebeln zu finden. Sie meiden nebelniederschlagsreiche Standorte, die immer zugleich windig sind.

11. Für die Nebelniederschlagsleistung eines pflanzlichen Hindernisses sind in erster Linie seine Höhe und Exposition gegenüber Wind und Wolken entscheidend; seine Struktur spielt eine untergeordnete Rolle. Stark aufgestaute Wuchsformen (z.B. *Erica arborea*) sind ergiebiger als großflächige (z.B. *Laurus azorica*).
12. Als Nebenergebnisse der Arbeit sind Schilderungen von Waldtypen und Höhenstufungen sowie Verbreitungskärtchen verschiedener Holagewächse auf Tenerife erwähnenswert. Die Darstellung klingt in einen Vergleich der Insel Tenerife mit den übrigen Kanarischen Inseln sowie mit Madeira aus.

Summary

1. On Tenerife (Canary Island) measurements of precipitation (according to Hellmann) and of fog precipitation (according to Grunow) have been carried out at 25 stations from summer 1970 to spring 1972. Furthermore, measurements of precipitation were made with numerous small rain-gauges inside and outside of forest stands. Flora, vegetation and site conditions have likewise been studied.
2. Frequent and intense fog precipitation occurs on Tenerife especially along mountain crests lying perpendicular to the direction of the prevailing cloud-carrying winds (as the Cumbre between La Laguna and La Orotava and the Anaga mountains).
3. During winter fog precipitation is possible in nearly all altitudes. In summer it is mainly restricted to regions situated between 700-800 and 1100-1200 m, due to the sinking of the upper limit of the clouds.
4. The seasonal distribution of fog precipitation is similar to that of the normal precipitation, so that the character of the winter rain climate is hardly and only locally changed by this additional source of moisture.
5. The seasonal sequence of periods of normal precipitation and dryness are decisive factors for the distribution of vegetation types on the Canary Islands.
6. The cloudiness, the saturation deficit of the air and the radiation, which increases above approximately 1000 m altitude, are important for the altitudinal zonation of the vegetation on the Canary Islands, especially for the upper limits of laurel forests and of *Pinus canariensis* forests.
7. Fog precipitation influences laurel forests less than supposed hitherto. Even in the Anaga mountains and in parts of La Gomera the water supply is raised only little by fog precipitation (locally up to 300 mm per annum).
8. In the mixed *Pinus canariensis*-laurel forests and in the pure *Pinus canariensis* forests in higher altitudes the additional precipitation can amount to locally at least 2500 mm per annum. But these forest types are affected by the summer drought, because they are situated normally above the cloud cover.
9. The distribution of laurel forests on the Canary Islands does not coincide with the distribution of frequent and intense fog precipitation. The geographical distribution of other forest types is not clearly influenced by the intensity and the seasonal distribution of fog precipitation.
10. Fog precipitation and its climatic conditions especially favour epiphytic mosses and lichens of the *Pulmonaria* type. Lichens of the *Usnea* type are restricted to foggy forests, where the fog is not or only slowly moved by the wind.
11. The intensity of fog precipitation caused by a given plant species is primarily dependent on its height and exposure to wind and clouds. The structure and size of its foliage is less important.
12. A brief description of forest types and of their altitudinal zonation is given in an introductory chapter, accompanied by distribution maps of 10 woody species on Tenerife. The paper ends with a comparison between Tenerife, the other Canary Islands and Madeira.

Resumen

1. Desde el verano de 1970 hasta la primavera de 1972 se realizaron en Tenerife las siguientes investigaciones: mediciones de precipitación según Hellmann y de precipitación de niebla (garúa) según Grunow en 25 estaciones; mediciones de precipitación dentro y fuera de bosques en 4 estaciones (en cada estación se instalaron numerosos pluviómetros pequeños); mediciones mesoclimáticas y microclimáticas en diversas partes de Tenerife y observaciones de la vegetación, de la flora y del ambiente.
2. Precipitación de niebla frecuente e intensa ocurre en Tenerife especialmente en crestas de montaña situadas a través a la dirección principal del viento, donde las nubes pasan frecuentemente (como en La Cumbre entre La Laguna e Izaña y en la sierra de Anaga en Tenerife).
3. En invierno la precipitación de niebla es posible en casi todos los pisos de vegetación. En verano dicha precipitación está limitada a regiones situadas entre 700-800 y 1100-1200 m, es decir al piso de vegetación frecuentemente anublado durante la estación caliente.
4. La distribución estacional de la precipitación de niebla es semejante a la de la precipitación normal. El carácter del clima de precipitación invernal es modificado solamente poco y localmente por la precipitación de niebla.
5. La distribución estacional de la precipitación normal y del período de sequía en Canarias tienen importancia decisiva para la distribución de los tipos de vegetación.
6. La nubosidad, el déficit de saturación del aire y la radiación que aumenta por encima de aproximadamente 1000 m influyen claramente en la vegetación en Canarias, especialmente en los límites superiores de la laurisilva y de los bosques de *Pinus canariensis*.
7. La importancia de la precipitación de niebla para los tipos de laurisilva es menos significativa que lo supuesto hasta ahora. En la sierra de Anaga y en partes de La Cumbre la precipitación adicional por causa de niebla puede llegar los 300 mm por año, es decir no es muy importante.
8. En el piso de transición entre laurisilva y *Pinus canariensis* y en los bosques puros de *Pinus canariensis* situados aún más altos la cantidad adicional de agua por causa de precipitación de niebla puede llegar a los 2500 mm por año. Pero estos bosques están afectados por la sequía del estío, porque se hallan por encima de las nubes.
9. La distribución de la laurisilva en Canarias no coincide con la distribución de precipitación de niebla frecuente e intensa. Tampoco los otros tipos de bosque dependen claramente de la intensidad y de la distribución estacional de la precipitación de niebla.
10. Precipitación de niebla y sus condiciones climáticas favorecen en Canarias especialmente musgos y líquenes del tipo Pulmonaria, ambos epifíticos. Líquenes del tipo *Usnea* ocurren especialmente en bosques brumosos pero sin precipitación de niebla, es decir sin viento frecuente.
11. Para la eficiencia de la precipitación de niebla en una planta están decisivas en primer lugar su altura y su exposición al viento y a las nubes; su estructura desempeña una función insignificante.
12. Como resultado adicional del trabajo se mencionan descripciones de tipos de bosque y de pisos de vegetación, así como mapas de algunas especies leñosas de Tenerife. Finalmente se hace una comparación entre Tenerife, las restantes Islas Canarias y Madeira.

10. Literaturverzeichnis

- ACUÑA GONZÁLEZ, A. (1972) Observaciones ecológicas sobre las algas de la zona litoral de Las Galletas, Tenerife. - *Vieraea Fc. Sc. Biol. Can.* 2: 2-9.
- BOLLHARDT, P. (1972) Der hypsographische Formenwandel der Landschaft im nördlichen Teneriffa - eine bodengeographische Untersuchung. - *Geogr. Staats-examensarbeit Univ. Hamburg*: 16 S.
- BRANWELL, D. (1972) Endemism in the flora of the Canary Islands. - In: VALENTINE, D.H. (Ed.) *Taxonomy, Phytogeography and Evolution*. 141-159. New York, London.

- CEBALLOS, L. (1953) Macaronesia. Algunas consideraciones sobre la flora y vegetación forestal. - Anais do Instituto Superior de Agronomia 20: 79-103.
- u. ORTUÑO, P. (1951) Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de las Canarias Occidentales. - Madrid, 465 S.
- u. (1952) El bosque y el agua en Canarias. - Montes 4 (48): 418-423.
- EEER, W. (1972) Über das Lichtklima von Wäldern bei Göttingen und seinen Einfluss auf die Bodenvegetation. - Scripta Geobotanica 2: 1-150.
- ELENBERG, H. (1959) Über den Wasserhaushalt tropischer Nebelwälder in der Küstenwüste Perus. - Ber. geobot. Forsch. Inst. Rubel 1958, 47-74.
- GARCIA-PRIETO, P.R. et al. (1960) The possibility of artificially increasing rainfall at Tenerife in the Canary Islands. - Weather 15: 39-51.
- GRIFFITH, J.F. (Ed.) (1972) Climates of Africa. - World Survey of Climatology 10: 604 S.
- HUETZ DE LEMPS, A. (1969) Le climat des Iles Canaries. - Publ. Fac. Let. Sc. Hum. Paris-Sorbonne. Ser. Recher. 24: 1-224.
- JUVIK, J.O. u. PERREIRA, D.J. (1973) The interception of fog and cloud water on windward Mauna Loa, Hawaii. - Island ecosystems IEP, U.S. International Biological Program, Technical report No. 32. 1-11.
- KÄMMER, F. (1972) Ergänzungen zu O. Eriksson: Check-List of vascular plants of the Canary Islands (1971). - Quad. Bot. Canar. 16: 47-49.
- KERFOOT, O. (1968) Mist precipitation and vegetation. - Forestry Abstracts 29: 8-20.
- KERNER, G. (1962) Das Klima der Kanarischen Inseln. In: SENGBUSCH, R.v. (Ed.) Forschungsmöglichkeiten auf Teneriffa. Bericht über die Tagung am 29. Mai 1962. 14-25.
- KLEMENT, O. (1965) Zur Kenntnis der Flechtenvegetation der Kanarischen Inseln. - Nova Hedwigia 2: 503-582.
- KNAPP, R. (1973) Die Vegetation von Afrika. - Stuttgart: 626 S.
- LEMS, K. (1958) Phytogeographic study of the Canary Islands. - Univ. Microfilms Ann Arbor Mich. 1: 204 S., 2: 144 S.
- (1960) Floristic botany of the Canary Islands. - Sarracenia 5: 1-34.
- MERRIAM, R.A. (1973) Fog drip from artificial leaves in a fog wind tunnel. - Water resources research 9: 1591-1598.
- MÄGDEFRAU, K. (1944) Die Moosvegetation der Lorbeerwälder auf Tenerife. - Flora 27: 125-138.
- ORRERDORFER, E. (1965) Pflanzensociologische Studien auf Teneriffa und Gomera (Kanarische Inseln). - Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschl. 24: 47-104.
- PEREZ, J.V. (1918) Precipitation of water from mountain mist by means of forest. - Amigo del Arbol 5.
- SCHULZE, E.D. (1970) Der CO₂-Gaswechsel der Buche (*Fagus silvatica* L.) in Abhängigkeit von den Klimafaktoren im Freiland. - Flora 159: 177-232.
- SJÖGREN, E. (1972) Vascular plant communities of Madeira. - Boletim do Museu Municipal do Funchal 26: 45-125.
- SUNDING, P. (1970) Elementer i Kanariøyenes flora, og teorier til forklaring av floraens opprinnelse. - Blyttia 28: 229-259.
- (1972) The vegetation of Gran Canaria. - Skr. Norske Vidensk.-Akad. Oslo I. Mat.-Nat. Kl. ny ser. 29: 1-186.
- (1973) A botanical bibliography of the Canary Islands. - Univ. Oslo: 46 S.
- VOGGENREITER, V. (1974) Geobotanische Untersuchungen an der natürlichen Vegetation der Kanaren-Insel Tenerife als Grundlage für den Naturschutz. Anhang: Vergleiche mit La Palma und Gran Canaria. 718 S. (Im Druck).
- WALTER, H. (1968) Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. 2: Die gemäßigten und arktischen Zonen. 1001 S.
- u. LIETH, H. (1960-1967) Klimadiagramm-Weltatlas. - Jena.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. (1963) Climatological Normals (CLINO) for Climate and Climate Ship Stations for the Period 1931-1960. Suppl. 1.