

Die westmediterranen Trockenlandschaften: Iberische Halbinsel. Überblick der Flora, Vegetation und Landschaft

- Javier Loidi, Bilbao -

Abstract

The south-western end of the European continent is also its driest area. Such conditions are geographically determined because the Azores high dominates the area during the summer, extending summer aridity over a great part of the Iberian Peninsula. The intensity of this aridity is very unhomogeneous, being much more intense in the southern and south-eastern sectors of the area. The part of Iberia which is under Mediterranean climatic conditions is the biggest of Europe (about 400,000 km²) and its diversity is high due to its climatic and orographical conditions. During the Quaternary glacial periods, the ice caps remained only in the mountainous areas of the centre and the north; in the south only Sierra Nevada has ice traces in its summit. The biggest part of the country remained ice-free and that allowed the survival of many plant and animal species. In any case, dryness was already in Tertiary established and during Quaternary Iberia remained always dry. The Iberian flora is markedly richer than that of any other country of Europe. That is result of the history but also of the diversity in the habitats. The Mediterranean flora has basically three main elements: eastern, western and oromediterranean, which has a high endemicity rate (ca. 20% for the Iberian Peninsula). Concerning the origin of Mediterranean flora there is the theory that it has a double origin: an old paleomediterranean element originated from the Tertiary paleotropical flora which was already present in the area in the late Tertiary, and another new element developed during Quaternary ice period from Holarctic origin. The most frequent adaptations of the mediterranean plants to dryness are: sclerophylly, high frequency of therophyte and geophyte biotypes, hardleaved grasses, etc. Human actions: a brief summary of the history of human influence on the Mediterranean ecosystems in Iberia. The main traditional agricultural systems in the Mediterranean countries: watered and not watered fields (*regadío* and *secano*); mediterranean not watered tree fruit growing; grazed woods (*dehesas*); transhumance; fire and transformation into scrub (*matorralización*).

1. Einleitung

Obwohl Europa der kleinste Kontinent ist, schenken wir ihm hohe Aufmerksamkeit, denn wir leben hier. Im eigentlichen Sinne ist Europa jedoch kein eigener Kontinent - weder geographisch noch geobotanisch -, sondern lediglich der Westen Eurasiens. Sein größter Teil liegt im Bereich vorherrschender Westwinde, die sein feuchtes, ozeanisches Klima mit regelmäßigen, auf das ganze Jahr verteilten Niederschlägen bestimmen. Dieser Faktor gibt, nicht zuletzt dank einträglicher Landwirtschaft, einer großen menschlichen Population den Lebensraum.

Nur im südlichsten Streifen Europas, dem Mittelmeerraum, wirkt sich der subtropische Hochdruckgürtel aus, ein Ariditätsgürtel, dessen Zentrum in der Sahara liegt.

Wichtigstes Kennzeichen des mediterranen Klimas ist die Sommerdürre.

Die Iberische Halbinsel im äußersten Westen des Mittelmeerraumes ist zweifellos der trockenste Teil Europas und zugleich das größte zusammenhängende Gebiet mit mediterranem Klima und extremen Dürreperioden. Das mediterrane Iberien umfasst ca. 400.000 km² und hat auf Grund dieser Ausdehnung und der Vielfalt an Lebensräumen auch die größte Biodiversität unter den Mittelmeerländern.

2. Die Mediterrane Flora

Wie allgemein bekannt, beherbergt der Mittelmeerraum eine ausgesprochen reichhaltige Flora: Auf nur etwa 1,6 % der Erdoberfläche wachsen rund 10 % aller weltweit vorkommenden Gefäßpflanzenarten (BLONDEL & ARONSON 1999). Auch im Vergleich mit angrenzenden Regionen werden ähnliche Tendenzen deutlich. Man schätzt ca. 25.000 Arten für ein Gebiet, das vier Mal kleiner ist als die eurosibirische Region, wo nur knapp 6.000 Pflanzenarten leben (QUÉZEL 1985). Obwohl endemische Familien fehlen, gibt es ungefähr 150 Gattungen, von denen die Hälfte fast ausschließlich in der mediterranen Region vorkommt.

Wie in Tabelle 1 dargestellt, zeigt die iberische Flora gegenüber den Ländern Europas und dem Mittelmeerraum einige Regelwidrigkeiten hinsichtlich der Spannbreite an Pflanzendiversität. Für diesen Artenreichtum sind mindestens zwei Hauptfaktoren verantwortlich:

- **Umweltdiversität:** Sie wird hauptsächlich durch den Zusammenfluss zweier biogeographischer Regionen auf der Iberischen Halbinsel hervorgerufen, nämlich der eurosibirischen und der mediterranen. Innerhalb jeder dieser Regionen existiert außerdem auf Grund zahlreicher unterschiedlicher Gesteine eine große geologische Diversität sowie eine orographische Vielfalt mit vielen Bergen und Gebirgsketten, welche nicht nur zu einem eigenen Oroklima in jedem Gipfelgebiet beitragen, sondern auch die ganze Region in zahlreiche Bezirke unterteilen, die über eigene physiographische Konditionen und charakteristische Klimasubtypen verfügen (LOBO et al. 2001).
- **Die Geschichte:** Die Kälteperioden des Quartärs, die auch die Iberische Halbinsel erreichten, waren im Süden weniger streng, so dass die Iberische Halbinsel zusammen mit anderen Halbinseln und Inseln im Mittelmeerraum, speziell aber die Küstenstreifen, eine Art Zufluchtsgebiet für die Flora Südeuropas darstellten (CARRIÓN 2003). Im Vergleich mit anderen ähnlichen Gebieten wie der Türkei oder anderen Mittelmeerländern tritt die große Bedeutung dieses geschichtlichen Faktors deutlich hervor.

Die reiche Flora der Iberischen Halbinsel umfasst viele endemische Arten. Neben den schon erwähnten geschichtlichen Gründen spielen dabei weitere Faktoren eine Rolle, etwa die Isolierung vieler Zufluchtspopulationen während der Eiszeiten oder die Aufspaltung von durch das Eis in den Süden verfrachteten Arten in verschiedene Spezies, die untereinander keinen Kontakt mehr hatten. Auf der Iberischen Halbinsel leben ungefähr 1.500 endemische Gefäßpflanzen, was bedeutet, dass fast die Hälfte der europäischen Endemiten in Iberien angesiedelt ist.

Der Teil der mediterranen Flora, der sich in den Trockenperioden ab dem Tertiär bildete, ist noch verhältnismäßig jung. Die vorausgegangene Flora, die im Mittel- und Frühtertiär das Gebiet beherrschte, war an ein anderes, mildes Klima angepasst und

Tab. 1: Pflanzenreichtum verschiedener Länder Europas und des Mittelmeerraums (SAINZ OLLERO & MORENO SAIZ 2002, CASTROVIEJO 2002, GÓMEZ CAMPO 2001, MÉDAIL & QUÉZEL 1997, FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ et al. 2005, LOIDI 1999, RIVAS-MARTÍNEZ & LOIDI 1999, CONTI et al. 2005)

Land	Fläche (km ²)	Zahl der Pflanzenarten	Diversität *	Zahl der Endemiten	Endemitiendichte**
Deutschland	356.840	2.682	483	6	0,03
Belgien	30.520	1.452	324	1	0,51
Irland	68.895	950	195	1	0,16
Vereinigtes	244.755	1.623	301	16	0,81
Luxemburg	2.585	1.246	365	0	-
Niederlande	41.160	1.221	264	0	-
Dänemark	43.075	1.252	270	1	0,36
Frankreich	543.965	4.630	805	133	1,38
Ex-Jugoslawien	255.805	5.000	924	320	2,09
Spanien	504.880	8.000	1.401	1.500	2,47
Albanien	28.750	3.000	673	46	2,20
Griechenland	131.985	4.990	969	742	2,74
Türkei	779.450	8.600	1.460	2.651	2,53
Libanon	10.400	2.600	647	311	3,47
Israel	20.770	2.200	509	165	2,90
Syrien	185.680	3.100	588	395	2,32
Italien	301.245	7.634	1.393	1.024	2,53
Portugal	91.630	2.573	518	150	2,21
Tunesien	164.150	1.800	345	40	1,38
Marokko	458.700	4.200	741	900	2,29

* Artenzahl/log. Fläche

** log (Zahl d. Endemiten/10.000 km²)

starb daher nahezu aus. Relikte dieser Vegetation finden wir heute noch auf den Inseln im Atlantik und in der Pontischen Provinz, wo das Klima feucht und mild ist. Auf der Iberischen Halbinsel haben nur wenige Vertreter, z.B. einige *Rhododendron*-Arten und Farne, bis heute im feuchten Südiberien (Campo de Gibraltar, Monchique) sowie in einigen kleinen Arealen im Westen und Norden der atlantischen Küste überlebt. Die Komponente der alten, an ein feuchtes subtropisches Klima angepassten Tertiärflora ist in der heutigen mediterranen Flora daher sehr selten.

Über die doppelte Wurzel der modernen Mediterranflora herrscht in der Wissenschaft relative Übereinstimmung:

1. Das Holarktisch-extratropische Entstehungselement findet man besonders häufig in den Initialstadien der Sukzession, wo Störelemente wie Feuer und Beweidung oder extreme Bedingungen wie Dürre und arme oder steinige Böden auftreten.
2. Das paläotropisch-afrikanische Entstehungselement ist gut repräsentiert in den Klimaxstadien der Sukzession in wenig gestörten, mesophytischen Habitattypen und kommt, geographisch gesehen, öfter im südlichen Teil des Mittelmeerraumes vor, besonders im Magreb und in Südiberien. Familien mit echter tropischer Verwurzelung wie die Capparaceae, Palmaceae (*Chamaerops*, *Phoenix*), die Santalaceae oder Sapotaceae sind Vertreter dieses Elementes.

Diese beiden Elemente entsprechen dem sogenannten neu-mediterranen bzw. palaeo-mediterranen Komplex (BLONDEL & ARONSON 1985, C.M. HERRERA 1984). Der erstgenannte ist ein echt mediterranes Element, dessen Entstehung im Pliozän und Pleistozän als Anpassung an die Sommerdürre in diesen damaligen subtropischen Breitengraden gilt. Einige Gattungen dieser Gruppe sind *Adenocarpus*, *Calicotome*, *Cistus*, *Coronilla*, *Cytisus*, *Dorycnium*, *Erica*, *Fumana*, *Genista*, *Halimium*, *Helianthemum*, *Lavandula*, *Phlomis*, *Retama*, *Rosmarinus*, *Satureja*, *Stauracanthus*, *Teucrium*,

Thymelaea, *Thymus* und *Ulex* (C. M. HERRERA 1992). Manche Gattungen umfassen zahlreiche Arten, ein Zeichen neuerer Artenvielfalt.

Die bereits zuvor bestehenden Arten, die dem palaeotropisch-afrikanischen Element angehören, mussten sich damals den neuen Bedingungen anpassen: Einige Vertreter dieses Elementes sind *Ceratonia* (Cesalpinoaceae), *Chamaerops* (Palmaceae), *Corema* (Coremaceae), *Coriaria* (Coriarioaceae), *Ephedra* (Ephedraceae), *Ilex* (Aquifoliaceae), *Juniperus* (Cupressaceae), *Laurus* (Lauraceae), *Myrtus* (Myrtaceae), *Olea* (Oleaceae), *Osyris* (Santalaceae), *Phillyrea* (Oleaceae), *Pinus* (Pinaceae), *Pistacia* (Anacardiaceae), *Quercus* (Fagaceae), *Rhamnus* (Rhamnaceae), *Rhus* (Anacardiaceae), *Rubia* (Rubiaceae), *Ruscus* (Liliaceae), *Securinega* (Euphorbiaceae) und *Smilax* (Smilacaceae). Hervorzuheben ist, dass die Mehrheit dieser Familien ihr ökologisches und biogeographisches Optimum in den Tropen hat. Die genannten Vertreter dieser an tropische Bedingungen angepassten Flora (wahrscheinlich mit ein bis zwei jährlichen Trockenperioden) sind Überlebende nach einem differenzierten Prozess des Aussterbens seit dem Pliozän, in dem sich auch eine fortschreitende Abkühlung des Klimas abgespielt haben muss (C.M. HERRERA 1992). Um das Bild zu vervollständigen, fügen wir zu den erwähnten Gattungen noch weitere wie *Periploca* (Apocynaceae), *Maytenus* (Celastraceae), *Ziziphus* (Rhamnaceae) oder *Argania* (Sapotaceae) hinzu.

Die charakteristischen Syndrome, die diese Taxagruppe kennzeichnen, bedeuten keine spezifische Anpassung an moderne mediterrane Bedingungen, sondern an die alten tropischen Gegebenheiten, was eine Stabilität in diesem Charaktersyndrom vermuten lässt, das den Veränderungen der Zeit widerstanden hat. Anders gesagt sind die bestehenden Charaktere nicht das Ergebnis der Anpassung an die heutige Zeit, sondern resultieren aus der Akklimatisierung ihrer Vorfahren an die damaligen Bedingungen, die dann weiter vererbt wurden.

Als Folge der alpinen Orogenese wurden zahlreiche Bergketten Südeuropas und Nordafrikas mitsamt ihrer Flora angehoben. Die Entstehung der mediterranen Hochgebirgsflora (Oromediterranflora) begann, als sich die Pflanzen allmählich an die Hochgebirgskonditionen anpassen mussten (RIVAS-MARTÍNEZ 1969, PONS & QUÉZEL 1985, QUÉZEL 1985). Die Oromediterranflora ist reich an polsterförmigen Chamaephyten, einer Anpassung an Kälte und Sommertrockenheit. In den Eiszeiten des Quartärs hat die boreo-alpine Flora Nordeuropas auch die Gebirge und Tiefländer von Mittel- und Südeuropa erreicht, wo ihre Spuren noch heute erkennbar sind. Das boreo-alpine Element hat das frühere, in zahlreichen nördlichen Gebirgen Iberiens sowie im Kantabrischen Gebirge und in den Pyrenäen existierende oromediterrane Element zum großen Teil ersetzt. Der Aufeinanderprall der beiden Elemente verursachte eine deutliche Trennung der Habitattypen: der boreo-alpine bewohnt die feuchten und schneebedeckten und der oromediterrane die xerophytischen Biotope. Heute ist das deutlich in den nördlichen und zentralen Gebirgen Iberiens zu beobachten. In den südlichen Gebirgen herrscht das oromediterrane Element vor; nur in der Sierra Nevada findet man vereinzelt Vertreter der boreo-alpinen Flora.

Als Ergebnis klimatischer Schwankungen im Quartär findet man heute im Mittelmeerraum weiterhin viele Vertreter einer an die gemäßigte Zone angepassten Flora: Das ist der Fall bei zahlreichen sommergrünen Laubbaumarten wie *Betula*, *Corylus*, *Fagus*, *Fraxinus* oder *Ulmus*, die im Sommer einen hohen Wasserbedarf aufweisen. In den mediterranen Regionen wachsen diese Arten in regenreichen Gebieten, normalerweise in Gebirgszonen, oder in Bereichen feuchter Böden mit hoch anstehendem Grundwasser.

3. Ökomorphologische Adaptationen der mediterranen Flora und Vegetation

Die mediterranen Pflanzen verfügen über einige typische Adaptationen. Die meisten davon gibt es nicht ausschließlich in dieser Region, aber im Mittelmeerraum kommen sie sehr viel häufiger vor und haben dort eine spezielle ökologische Bedeutung (GUREVITCH et al. 2002).

3.1 Anpassungen an Dürrebedingungen des mediterranen Klimas

3.1.1 Anpassungen zur Reduktion von Wasserverlusten (Wasserökonomie)

Sklerophyllie: Der von den Griechischen Wörtern σκληροξ und φυλλον abgeleitete Begriff bedeutet hartlaubige Pflanzen. Die Blätter verhärten durch die Ausbildung von sklerenchymatischem Gewebe und einer dicken Kutikula, was den Pflanzen eine bessere Kontrolle über den Wasserhaushalt ermöglicht, da der Wasserverlust durch die Epidermis stark reduziert wird; fast die gesamte Transpiration läuft über die Spaltöffnungen. Außerdem haben die Blätter sklerophyller Pflanzen dicke Zellwände, d.h., das Verhältnis zwischen Zellwand und Zytoplasma ist sehr hoch, was den Pflanzen hilft, den Zellkollaps während einer langen Trockenzeit zu vermeiden. Dicke Zellwände fungieren in der Dürreperiode außerdem als Wasserspeicher (TERRADAS 2001). Die Sklerophyllie gilt als wichtigste Strategie im Kampf gegen Trockenheit.

Immergrüne Blätter: Aus energetischen Gründen können sich mediterrane Pflanzen die jährliche Erneuerung ihres Photosyntheseapparates nicht leisten, weil ihnen für ihr Wachstum nur der kurze Frühling und Herbst zur Verfügung stehen. Ist ein Blatt erst einmal aufgebaut, muss es lange erhalten bleiben, damit sich der energetische Aufwand lohnt. Außerdem erlaubt der gemäßigte mediterrane Winter eine kurzzeitige Photosynthesetätigkeit, besonders in den Mittagsstunden. Bei den meisten Arten leben die Blätter nur ein bis zwei Jahre, bei Arten mit größerer Lebensspanne aber auch länger, wie bei *Olea* (drei Jahre) oder *Quercus coccifera* (fünf bis sechs Jahre).

Kleinblättrigkeit: Die Ausbildung kleiner Blätter ist eine typische Anpassung an eine trockene Umwelt, um weniger Wasser zu verdunsten, und sie ist bei mediterranen Pflanzen weit verbreitet. Bei mesophyllen Bäumen und bei den Hauptarten der potentiellen natürlichen Vegetation kommt normalerweise ein großes Wurzelgeflecht hinzu, um auch das Wasser in tiefen Bodenschichten zu erreichen. Neben fast allen Bäumen und Sträuchern verfügen die meisten anderen mediterranen Pflanzen über sehr kleine Blätter und können deshalb nur einen geringen Teil der Sonneneinstrahlung ausnutzen. Ein extremes Beispiel von Kleinblättrigkeit stellen Schuppenblätter dar. Bei blattlosen Pflanzen - sowohl Sträuchern als auch Kräutern - befindet sich der Photosyntheseapparat ausschließlich in den Stängeln. Kleinblättrigkeit ist häufig von anderen morphologischen Anpassungen der Blätter begleitet, wie Krümmung, Anzahl und Tiefe der Spaltöffnungen.

Harz- und Wachsüberzug von Blättern und anderen Organen. Auch dieses Merkmal dient als Schutz gegen das Austrocknen der Pflanzen durch Wasserverdunstung.

Haare und andere Trichome (Drüsen usw.). Eine dichte Behaarung bildet einen Filter, der die Wasserverdunstung verlangsamt und die Pflanze gleichzeitig vor übermäßigem Lichteinfall schützt.

Dicke Borke: Über den Stamm können zahlreiche Bäume ebenfalls viel Wasser verlieren. Eine dicke Borke beugt dem Austrocknen vor.

3.1.2 Schutz vor Pflanzenfressern

Aromatische Substanzen: Die Einlagerung aromatischer Inhaltsstoffe, oft Terpene, kommt besonders häufig bei Heidepflanzen vor und dient wahrscheinlich der Verteidigung gegen einige Pflanzenfresser. Viele dieser Substanzen erschweren das Verdauen der Pflanzen und schützen sie somit gegen Tierfraß

Chemische Verteidigung: Manche Pflanzen produzieren giftige Substanzen, wie Alkaloide, Saponine und Glykoside als weiteren Schutz vor Pflanzenfressern. Andere Inhaltsstoffe, wie Tannine, Lignine, viele Terpene oder Glukosinolate machen die Pflanzen lediglich unverdaulich oder ungenießbar.

Äußere anatomische Strukturen wie Dornen, Haare und Drüsen. Dornen sind ein weiterer effektiver Schutz vor Herbivorie, besonderes durch große Tiere. Haare schützen die Pflanzen dagegen oft vor kleinen Tieren wie Insekten. Weitere Strategien sind drüsiges Haare, die Harz ausscheiden und kleinen Lebewesen dadurch ihre Bewegung erschweren. Auch Sklerophyllie kann als zusätzliche Verteidigung gegenüber Pflanzenfressern betrachtet werden (BLONDEL & ARONSON 1999, TURNER 1994).

Inneranatomische Strukturen gibt es besonders in speziellen Geweben und Pflanzenorganen, die für Pflanzenfresser unverdaulich oder ungenießbar sind: Das sind Sklereide, Sklerenchyme (sehr verbreitet bei vielen mediterranen Gräsern, *Stipa*), Kollenchyme, Silikazellen (häufig in der Epidermis vieler Gräser) und verholzte Teile, die sich häufig in Stängeln und Wurzeln vieler mediterraner Chamaephyten und Phanerophyten befinden. Außerdem haben Pflanzen mit diesen Eigenschaften geringe Nahrungsqualitäten, was ihnen ebenfalls einen Vorteil gegenüber Herbivorie einräumt.

3.1.3 Anpassungen des Lebenszyklus an die Trockenzeit

Häufiges Auftreten von **unterirdischen Organen**, wie Knollen und Lignotubern, dient vor allem dazu, in den trockenen Jahreszeiten zu überleben.

Sommerlicher Blattabwurf: Einige Arten der mediterranen Garriguen verlieren im Sommer einen Teil ihres im Frühjahr aufgebauten Photosyntheseapparates, um die Dürre zu überstehen. Dieses findet man beispielsweise bei *Salvia*, *Lavandula* und einigen *Genista*-Arten.

Therophytischer Biotyp: Die Trockenzeit wird in Form von Samen überdauert.

Phänologische Konzentration: Wachstum, Blüte und Samenbildung werden im Sommer gänzlich vermieden. Dies hat zur Folge, dass mediterrane Landschaften zu dieser Jahreszeit karg wirken.

3.2 Ökomorphologische Typen

Nachdem authentische und häufige Anpassungsstrategien der Pflanzen an mediterrane Umwelten aufgezeigt wurden, schlage ich jetzt eine Synthese der charakteristischen ökomorphologischen Typen vor: Bei der Definition solcher Typen haben wir uns von den Prinzipien einiger Verfasser, wie BOX (1997) inspirieren lassen, entsprechende morphologische Syndrome als eine spezielle und funktionelle Art der Anpassung auffassen. Bei der Definition solcher funktioneller Pflanzentypen (Plant Functional Types, PTFs), die für den Mittelmeerraum bisher beschrieben worden sind, werden einige Typen in neueren Beiträgen (MÉDAIL et al. 1989, GARCÍA-MORA et al. 1999) eher als Anpassungen an die Störregime in Verbindung mit den Habitatbedingungen aufgefasst. Ausgehend von unserer Erfahrung und in Einklang mit den Erkenntnissen vieler Bearbeiter der iberischen Mediterranvegetation habe ich folgende ökomorpho-

logische Typen für die Gefäßpflanzen des Mediterrangebietes der Iberischen Halbinsel definiert:

Sommergrüne Bäume und Sträucher: Derartige Bäume und Sträucher können im Mittelmeerraum nur an besonders feuchten Stellen, wie beispielsweise auf nassen Böden in Flussebenen oder in Berggebieten, leben, die von orographischen Niederschlägen begünstigt sind.

Sklerophylle Bäume: Die Arten dieses Types bilden das vorherrschende Element der mediterranen Waldvegetation wie *Quercus ilex*, *Q. rotundifolia*, *Q. suber*, *Olea europaea*, *Ceratonia siliqua* usw..

Sklerophylle Sträucher: Der einzige Unterschied zum vorigen Typ ist der, dass solche Arten in der Regel nicht Baumhöhen erreichen; sie bleiben Sträucher, obwohl einige von ihnen beachtliche Höhen erlangen können. Echte Vertreter dieser Gruppe sind *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *R. oleoides*, *Phillyrea latifolia*, *P. angustifolia*, *Arbutus unedo* usw.. Die von diesen Pflanzen aufgebaute Vegetation entspricht der sogenannten mediterranen Maquia.

Blattlose, ginsterartige Sträucher: Diese Gruppe ist bezeichnend für die Iberische Halbinsel, weil sie hier ihr ökologisches Optimum und ihre größte Vielfalt besitzen. Außer der weit verbreiteten Art *Cytisus scoparius* gehören auch endemische Pflanzen wie *Retama sphaerocarpa*, *Cytisus cantabricus*, *C. striatus*, *C. multiflorus*, *Genista cinerea* agg., *Genista florida* agg. dazu. Eine weitere Gruppe von Sträuchern passt sich den Trockenperioden an, indem sie wenige bis gar keine Blätter trägt. Statt dessen haben derartige Pflanzen chlorophyllhaltige Stängel, in denen die Photosynthese abläuft. Ihre Strategie gilt als wirksames Mittel gegen die Sommertrockenheit. Die Vegetation aus solchen, häufig Stickstoff fixierende Leguminosae spielt eine wichtige Rolle in mediterranen Ökosystemen und zeigt gleichzeitig meist gut strukturierte Böden an. In Gebieten mit stärkerer Trockenheit treten Pflanzen dieses Types ebenfalls auf, gehören dann aber meistens zur Familie der Chenopodiaceae, etwa *Salsola genistoides*.

Mikrophylle, sklerophylle und aromatische Sträucher: Die Arten sind an extreme Bedingungen wie ausgeprägte Dürre und an flachgründige oder stark degradierte Böden einschließlich Herbivorie und Feuer angepasst. Sträucher dieses Typs, teils Phanerophyten, teils Chamaephyten, bilden die reichhaltige Flora der mediterranen Garriguen und machen einen Großteil der Endemiten aus. Sie bilden offene Vegetationsbestände, häufig auf erodierten und skelettartigen Böden, und sind typisch für degradierte Stadien der sekundären Sukzession. Durch die extremen Bedingungen, unter denen solche Pflanzen existieren, haben sie ein ökomorphologisches Syndrom als Schutz vor Herbivorie mit Dornen oder aromatischen Substanzen entwickelt. Wie weiter unten erläutert wird, entspricht dieses Modell dem der "modernen" Mediterranpflanzen. Die seit Mitte des Holozäns vom Menschen verursachten Eingriffe in die Vegetation haben die Verbreitung der Vegetation derartiger Pflanzentypen stark begünstigt (BLONDEL & ARONSON 1999, RIERA MORA 2006). Unter extremen Standortbedingungen wie starker Sommerdürre oder auf sehr flächgründigen und trockenen Böden können einige dieser Arten einen Teil ihres Photosyntheseapparates während der ungünstigen Jahreszeit durch völligen oder teilweisen Abwurf der Blätter verlieren oder ihre physiologischen Aktivitäten einschränken. Beispiele dafür sind *Salvia*, *Lavandula*, *Genista*, *Cistus* usw..

Wie bereits erwähnt, schützen Dornen, ätherische Öle und Behaarung die Pflanzen nicht nur vor Herbivorie, sondern auch vor Austrocknung und übermäßiger Lichtein-

wirkung an den offenen mediterranen Standorten, insbesondere vor der schädlichen ultravioletten Strahlung (VALLADARES 2001).

Polsterförmige Chamaephyten: Polsterförmige Pflanzen kommen auf extremen Standorten wie im Hochgebirge oder an Steilküsten vor, wo der Wind sich extrem auswirkt. Durch ihre Form reduzieren sie die mechanische Wirkung des Windes sowie die Bodenerosion. Chamaephyten stellen echte Oasen des Bodenaufbaus dar und heben sich in den offenen, vegetationslosen Flächen deutlich ab.

Dornige Sträucher: Bedornung an Blättern, Nebenblättern, Zweigen gibt es bei mediterranen Pflanzen sehr häufig bei allen bislang vorgestellten Pflanzentypen, so dass dieses streng genommen nicht ein eigener Anpassungstyp ist. Trotzdem messen wir ihm wegen seiner Häufigkeit eine große Bedeutung bei. Außerdem gilt die Bedornung zuweilen als auffälligstes morphologisches Merkmal und als größte Verteidigungsstrategie der Pflanze gegenüber Pflanzenfressern.

Hartlaubige Gräser: Dieser morphologische Typ existiert auf der Iberischen Halbinsel besonders häufig, vor allem bei den Gattungen *Stipa*, *Lygeum*, *Brachypodium* und *Festuca*. Die Formationen aus solchen Pflanzen bedecken oftmals große Flächen, wirken dank ihrer hohen Produktion an organischem Material positiv auf die Bodenbildung und beugen so effizient der Erosion vor. Ihre Anpassung an das mediterrane Klima entspricht einer Doppelstrategie mit passivem Schutz gegen Herbivorie, beispielsweise durch Sklerenchyme und Silikazellen in der Epidermis, und ihren geringen Nahrungsqualitäten für Pflanzenfresser sowie mit Verminderung der Verdunstung durch Anordnung von Spaltöffnungen konzentriert in den Rillen der Blattunterseiten, welche auch als Falt- oder Rollblätter ausgebildet sein können.

Hemikryptophyten und Geophyten mit unterirdischen Speicherorganen: Pflanzen dieses Typs finden sich in mehreren mediterranen Ökosystemen wie in Wäldern, Maquis, Garriguen und auf Rasenflächen unterschiedlichster Art. Wichtige Familien dabei sind Liliaceae (s.l.), Amaryllidaceae, Iridaceae und Orchidaceae. Sie vermeiden überflüssige Wasserverluste, indem ihre oberirdischen Pflanzenteile absterben und nur die unterirdischen als Speicherorgane überleben. Im kurzen Frühling treiben sie schnell aus und bilden Blüten und Samen. Nicht selten erscheinen ihre Blüten vor den Blättern.

Therophyten (einjährige Kräuter und Gräser): Dieser Biotyp ist im Mediterrangebiet so weit verbreitet, dass man fast von einem charakteristischen Element sprechen kann. Therophyten sind häufig an Standorten stark gestörter Regime, beispielsweise auf landwirtschaftlich genutzten Feldern, auf Pionier- oder Erstbesiedlungsflächen sowie auf meist vegetationslosen Böden vertreten. Sie verbringen die ungünstige Jahreszeit in Samenform, eine Strategie, die nur solche Pflanzen anwenden, die nicht mit den widerstandsfähigen mehrjährigen Arten in Konkurrenz treten können. Außerdem bedeutet der alljährliche komplette Pflanzenaufbau innerhalb der günstigen Jahreszeit eine Überschussproduktion an Samen für eine garantierte erfolgreiche Aussaat. Häufig sind die Samen einige Jahre lang keimfähig, um im Boden oder in der Samenbank auf günstige Wachstumsbedingungen warten zu können. Große Pflanzenfresser sowie der Weidegang haben seit dem Neolithikum die Evolution vieler Therophyten dahingehend beeinflusst, dass einige Arten das Abfressen ertragen (grazing-tolerants) und dadurch die Grundlage für die heutigen, zahlreichen Weidegesellschaften im Mittelmeerraum bilden. Anpassungen an die Beweidung schließen außer zeitüberdauernden Samen noch weitere Strukturen ein, welche die Diasporenverbreitung durch Tiere begünstigen, z.B. Haken oder Stacheln, die sich im Fell der Tiere verfangen (*Medicago*,

Bromus, Hordeum, Emex, Erodium), über deren Klauen in den Boden gestampft oder weitergetragen werden (*Poa bulbosa*).

Diese einjährigen, mediterranen Pflanzen mit ihrer breiten Palette an Adaptationen und ihrer Fähigkeit zerstörtes Land zu besiedeln, gehören in den letzten Jahrhunderten zu den erfolgreichsten Arten, die sich über alle Erdteile hinweg verbreitet haben.

3.3 Entstehung und Entwicklung mediterraner Flora und Vegetation

Hinsichtlich der Beziehung zwischen der Entstehung verschiedener Gruppen der Mediterranflora und den gerade aufgezeigten Anpassungen hat man eine Theorie entwickelt, die von der relativen Modernität der authentischen, mediterranen Adaptationen ausgeht. Es ist offenkundig, dass das heutige mediterrane Klima erst seit etwas mehr als drei Millionen Jahren besteht (SUC 1984). Echte Anpassungen an diesen Klimatyp müssen demnach später stattgefunden haben, was bedingt, dass die frühere Flora dieses Gebietes zum Teil ausgestorben ist und sich ein anderer Teil an die neuen Bedingungen angepasst haben muss und sich durchsetzen konnte. Von diesen bis heute vorhandenen Arten stammt ein Großteil der jetzigen Pflanzen ab, und viele von ihnen weisen typisch tropikalisch-ökomorphologische Syndrome auf (HERRERA 1984, BLONDEL & ARONSON 1999). Die wichtigsten Arten der heutigen mediterranen Holzgewächse lassen sich danach in zwei Artengruppen einteilen:

- Die mediterranen Gehölzarten, die tropische Eigenschaften besitzen, sind ausgezeichnet durch: Sklerophyllie, immergrüne Blätter, kleine Blätter, kleine eingeschlechtliche, grünliche oder bräunliche Blüten. Ferner besitzen sie große, durch Tiere verbreitete Samen: *Endozoochorie* oder Pflanzen ohne Verbreitungsmechanismen: *Barochorie*. Im erstgenannten Fall wird eine wirksame Verbreitung und die Entfernung der Samen von der Mutterpflanze angestrebt, auch wenn dafür das Gefressenwerden in Kauf genommen werden muss. Im zweiten Fall müssen die Samenfresser gesättigt und gleichzeitig die Aussaat garantiert werden, wofür ein Überschuss an großen Früchten oder Samen (z.B. *Quercus*) produziert werden muss, damit die Fresserpopulation nicht alles auf einen Schlag konsumieren kann. Oft sind diese fleischigen Früchte extrem fetthaltig: *Olea, Laurus, Pistacia, Rubia, Viburnum* (HERRERA 2001). Außerdem besitzen sie Keimlinge mit hoher Konkurrenzkraft, die auch im extremen Schatten des Waldes überleben können (Ergebnis der Barochorie). Diese Arten bilden eine dichte und immergrüne Vegetation und erzeugen Extremschatten. Die Keimlinge treten mit ihren Mutterpflanzen in Konkurrenz und unterstehen zusätzlich dem Druck der Prädatoren. Die bestehende Korrelation zwischen zoochorischer Verbreitung, der Diözie (oder Zweihäusigkeit), kleinen wenig auffälligen Blüten und perennierenden Blättern ist dieselbe wie bei tropischen Pflanzen.

- Die "modernen" Pflanzen, die ein auf das Mediterranklima zugeschnittenes Anpassungssyndrom besitzen, bauen normalerweise lockere Gesellschaften auf, mit vielen offenen Flächen dazwischen, so dass genügend Raum für Neubesiedlungen zur Verfügung steht. Sie gedeihen unter Bedingungen immer wiederkehrender oder wenigstens häufig auftretender Störungen mit Feuer oder Beweidung, was ein schnelles Erreichen ihrer Reproduktionsreife nötig macht. An Standorten, wo Raum im Überfluss vorhanden ist, gilt die Schnelligkeit der Besiedlung als Anpassung. Deswegen ist es interessant, zahlreiche Diasporen (Samen) zu produzieren, was durch die Reduktion ihrer Größe erreicht wird. Eine frühe Reproduktionsreife zwingt die Pflanzen zur Ausbildung oberirdischer Pflanzenteile auf Kosten der unterirdischen. Folglich verfügen solche Arten nur über geringe Fähigkeiten, an die Wasser- und Nährstoff-Ressourcen aus den tieferen Bodenschichten zu gelangen, andererseits können sie

aber sehr flachgründige Böden besiedeln, die für andere Arten nicht zugänglich sind. Einige von ihnen weisen daher in ihren unterirdischen Organen nur geringe Speicherkapazitäten für Nährstoffe auf, was ihnen das Aufkeimen nach Feuer erschwert. Andere wiederum haben aufgrund reduzierter Wasserspeicherkapazität die Möglichkeit im Sommer zu welken. Wenn eine Unmenge an Samen produziert wird, kann aus energetischen Gründen auf alle weiteren Strukturen, die der Samenverbreitung dienen, verzichtet werden, denn es findet sich sowieso ausreichend Platz zum Keimen; eine zoochore Frucht mit zuckerhaltigem Fruchtfleisch erübrigt sich. Die eingesparte Energie kann für den Aufbau anderer Einheiten genutzt werden. Außerdem werden so wenig Blüten wie möglich produziert, dafür aber große mit vielen Samenanlagen. Das bedeutet, dass auch die Bestäuberinsekten eine gewisse Größe aufweisen müssen, um eine nötige Anzahl von Pollenkörnern zu transportieren, die für die Befruchtung so vieler weiblicher Gameten notwendig sind. Außerdem können ihre Bestäuber-Insekten größere Distanzen überbrücken, was in einer offenen Vegetation sinnvoll ist. Für solch große Insekten muss sich jedoch der Aufwand lohnen; deshalb ist die Pflanze gezwungen, genügend Nektar oder Pollen zur Verfügung zu stellen und in der Umgebung aufzufallen. Unter derartigen Bedingungen scheint eine geringe Anzahl von Blüten mit reichlich Nektar ökonomischer zu sein als viele kleine Blüten.

Arten mit unterschiedlichen Schutzvorrichtungen gegenüber Pflanzenfressern kommen im Mediterrangebiet häufig vor: Dies sind Dornen, Behaarungen verschiedenster Art, chemischer Schutz sowie Harze und Öle mit Terpenoiden und anderen Inhaltsstoffen. Der Wiederaufbau der von Tieren verzehrten Biomasse ist unter mediterranen Bedingungen derart aufwändig, dass sich eine Verteidigung lohnt, sogar die Herstellung toxischer oder die Verdaulichkeit erschwerender Substanzen. Für Pflanzen, die unter extremen Dürrebedingungen leben müssen, wie Pionierarten oder Arten früher Phasen der Sukzession ist der Verlust eines Großteils ihres Photosyntheseapparates letal, denn ihnen fehlen unterirdische Reserven oder sie sind sehr kurzlebig.

3.4 Perturbationen durch Feuer

Als wichtigem und aktuellem Faktor wurde dem Feuer, seinem Einfluss auf die mediterranen Ökosysteme und seiner Nutzung durch den Menschen als Mittel zur Veränderung von Gelände seit geraumer Zeit viel Aufmerksamkeit geschenkt (BLONDEL & ARONSON 1999, MORENO & OECHEL 1994, MORENO et al. 1996, LAVOREL 1999, OJEDA 2001). Einige Wildpflanzen des Mittelmeerraumes, die sogenannten **pyrophytischen** Arten, weisen deutliche Anpassungen an das Feuer auf:

Manche Arten haben starke und **gut entwickelte Wurzelsysteme** (*Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Erica* sp. pl. usw.), die es ihnen nach einem Feuer erlauben, mit Hilfe ihrer unterirdischen, noch am Leben erhaltenen Organe wieder auszuschlagen. Einige dieser Pflanzen verfügen über ausgezeichnete Schutzvorrichtungen gegenüber Feuer wie die Korkeiche (*Quercus suber*) mit ihrer dicken Borke oder *Tamarix* mit ihrem kaum feuergefährdeten Holz.

Die Samen anderer Arten benötigen einen **Hitzeschock zum Keimen** (*Cistaceae*). Sie besitzen die Fähigkeit, nach einem starken Feuer die verwüstete Fläche in Kürze wieder zu besiedeln. Die Adaptationen der heutigen Flora der mediterranen Region an Feuer dürfen jedoch nicht mit den Anpassungen der australischen Flora verglichen werden, die seit dem Tertiär durch ein sehr altes Waldbrandregime stark beeinflusst und modelliert wurde. Vor dem Neolithikum beherrschten gut entwickelte Ökosysteme immergrüner und sklerophyller Wald- und Strauch-Formationen den mediterranen Raum; Brände kamen vermutlich selten vor und Anpassungen an diesen Störtyp waren

entsprechend gering ausgebildet. Zur Zeit der neolithischen Revolution benutzte der Mensch dann das Feuer als wirksames Werkzeug zum Erschließen bzw. zum Entwalden der Landschaft, um Raum für Vieh und Ackerbau zu schaffen. Durch diesen Eingriff in die Natur waren die Vegetationsgruppen mit pyrophytischen Arten im Vorteil, konnten sich stark verbreiten und nehmen bis heute eine vorherrschende Stellung ein.

4. Der Einfluss des Menschen

4.1 Geschichte menschlicher Eingriffe in die mediterranen terrestrischen Ökosysteme

Der mediterrane Raum gilt als eines der ersten Gebiete, die schon zu Beginn des Neolithikums vor etwa 10.000 Jahren von einer auf Landwirtschaft und Viehzucht basierenden sesshaften Gesellschaft besiedelt wurden. Von dem Fruchtbaren Halbmond ausgehend, erreichten neolithische Gesellschaften bei ihrer Ausdehnung nach Westen die mediterranen iberischen Küsten vor rund 8000 Jahren (BUXÓ 1997). In einer Periode von 1500 bis 2000 Jahren breitete sich die neue Art der Bodennutzung dann fast auf der ganzen Iberischen Halbinsel aus, die also praktisch schon vor 6000 Jahren neolithisiert worden war (ZAPATA 1999). Damit verbunden kam es zu gravierenden Umstrukturierungen der terrestrischen Ökosysteme. Der Einfluss der „zivilisierten“ punisch-griechisch-römischen Welt der Antike breitete sich in den Jahren 3000 bis 2000 BP nur allmählich aus, anfänglich im Süden und Osten und dann auch im Norden. Die ab dem Neolithikum vorhandene Einwirkung des Menschen auf die Landschaft traf mit einer allgemeinen Zunahme der Trockenheit des Klimas in der zweiten Hälfte des Holozäns zusammen (BURJACHS & ALLUE 1997), was die Mediterranisierung der Umweltbedingungen noch drastisch verschärfte.

In historischer Sicht sind die Gebiete mit mediterranem Klima dem Druck einer modernen Gesellschaft fast tausend Jahre länger ausgesetzt als die der nördlichen Gebiete mit temperattem Klima. Der Einfluss der zivilisierten Gesellschaft der Antike bedeutete weitere Einschnitte in die damalige Umwelt: Es bestehen jedoch Unterschiede zu den vorhergehenden Perioden, der Metallzeit oder dem Neolithikum, die im Bezug auf die technischen Möglichkeiten der Landnutzung wesentlich primitiver waren. Die Hauptunterschiede zwischen diesen kulturellen Entwicklungsstufen können der folgenden Zusammenstellung entnommen werden:

Gesellschaften des Neolithikum oder der Metallzeit	Zivilisierte punisch-griechisch-römische Gesellschaft
Kein oder nur geringer Handel. Tausch	Entwicklung des Handels. Geldwirtschaft
Landnutzung nach einem autarken Modell	Landnutzung mit dem Ziel des Exports (Weizen, Öl, Wein oder Rosinen) in Koexistenz mit Autarkie
Erste Anbauarten, alle aus Gebieten des Fruchtbaren Halbmonds. Erste neolithische Welle: Getreide, Erbsen, Bohnen	Einführung einiger neuer Anbauarten in einer zweiten Welle: Verbreitung des Anbaus von Ölbäumen, Weinreben und Obstbäumen
Vereinzelt angesiedelte Bevölkerung, fast absolute Ländlichkeit	Urbane Entwicklung, erste Infrastrukturen
Spärliche Demographie	Zunahme der Bevölkerung, die Iberische Halbinsel erreicht 8 bis 9 Millionen Einwohner

In der Römerzeit erlangte die Gesellschaft der Antike ihren Höhepunkt, gefolgt von einer Periode des wirtschaftlichen Rückschritts während der nachfolgenden Völker-

wanderungen und des Hohen Mittelalters. Während dieser post-römischen Zeit nahm der vom Menschen verursachte Druck auf das Land ab und die natürlichen Ökosysteme gewannen in Europa wieder an Raum. Auf der Iberischen Halbinsel setzte jedoch Anfang des 7. Jahrhunderts die Eroberung durch arabisch-berberische Mächte ein, und eine islamisierte und arabisierte Gesellschaft übernahm für acht Jahrhunderte bis zum Ende des Mittelalters einen großen Teil des Gebietes. Aufgrund ihrer höheren kulturellen und ökonomischen Entwicklung wurde unter der moslemischen Herrschaft im mediterranen Iberien eine wesentlich intensivere Landwirtschaft betrieben als in den christlichen Ländern. Außerdem wurden neue Nutzpflanzen aus Fernost wie Reis, Zitrusfrüchte, Baumwolle und Zuckerrohr in die wärmsten Regionen der Iberischen Halbinsel eingeführt.

Seit der Renaissance ist die Geschichte der Vegetation Iberiens wieder mit der des übrigen Europa vergleichbar, es gibt jedoch eine Reihe von Faktoren, welche die iberischen Gebiete entscheidend beeinflussen:

- Einschnitte durch Viehzuchtssysteme bestehen in Iberien bereits sehr lange, wahrscheinlich schon seit dem Neolithikum. Seit der Neuzeit haben sie jedoch massiv zugenommen, besonders durch die Produktion von Wolle als Exportgut seit dem Ende des Mittelalters bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts. Die enorme Zunahme der Viehbestände hat entscheidend zu der Entwaldung vieler montaner Gebiete beigetragen.
- Einschnitte durch die vielerorts einsetzende Holzgewinnung für Haus- und Schiffbau, als Brennholz für den Hausgebrauch und für Keramiköfen, zur Herstellung von Holzkohle für Hüttenbetriebe und Schmieden, den Bergbau usw. Durch die ungeheure Abholzung wurde im Einflussbereich des Mittelmeerklimas die Regenerationsfähigkeit der Wälder vielerorts überschritten, was dann zu einer nahezu völligen Entwaldung führte.
- Im 19. Jahrhundert verursachten politische und ökonomische Ereignisse, auch die Enteignung von Kirchengütern, einen intensiven Anbau auf großen neuen Flächen. Dieses Land war früher auf traditionelle, nachhaltige Weise bewirtschaftet worden, oft durch Waldweide, die zwar nur geringe Erträge einbrachte, sich aber seit Menschengedenken erhalten hatte. Nun setzte das nicht mehr rückgängig zu machende Ende dieses nachhaltigen Nutzungssystems zu Gunsten einer intensiv betriebenen Landwirtschaft ein.
- In neuerer Zeit haben Industrialisierung, Landflucht und Urbanismus, technisiertes Holzfällen, moderne Landwirtschaft und Viehzucht den Niedergang der traditionellen Landnutzungssysteme in einem Maße vorantrieben, dass sie praktisch zu verschwinden drohen.

Der heutige Zustand der Vegetation des Mittelmeerraumes ist das Resultat all dieser Prozesse und vielleicht noch einiger anderer. In dem ausgedehnten und vielschichtigen Gebiet existieren somit verschiedene Modelle und Nutzungssysteme von Agrarland nebeneinander.

4.2 Die mediterrane Landwirtschaft: unbewässerte und bewässerte Landwirtschaft

Einer der wichtigsten Faktoren für die Landbestellung ist das Fehlen oder die Verfügbarkeit von Wasser im Sommer. Ob ein Boden in der Trockenzeit eines Jahres mit Wasser versorgt werden kann oder nicht, hat dramatische Folgen für die Produktivität der Pflanzen innerhalb dieser Periode und damit auch für die landwirtschaftlichen Erträge. Sommerfeuchte Böden sind im mediterranen Bereich nicht die Regel; auf

natürliche Weise mit Wasser versorgt sind dabei nur Böden mit einem hohen Grundwasserspiegel in Tälern oder in fruchtbaren Ebenen. Daraus ergeben sich zwei unterschiedliche Arten der Bewirtschaftung: die unbewässerte Landwirtschaft auf Böden, die ausschließlich über Regenwasser verfügen und daher in Sommer austrocknen und die bewässerte Landwirtschaft, bei der die Böden im Sommer durch künstliches Bewässern den Grundwasserspiegel mehr oder weniger halten können. Beide Formen sind komplett verschieden.

Mit **unbewässertes Landwirtschaft** werden nur die ärmsten Böden vorwiegend im Frühjahrsanbau genutzt, traditionell mit dem Anbau von Getreide, Wein, Oliven- und Mandelbäumen.

In **bewässertes Landwirtschaft** auf nährstoffreichen Böden werden Gemüse und Obst sowie ursprünglich aus den Tropen eingeführte Nutzpflanzen angebaut. Sie ist weitaus ergiebiger als die unbewässerte Landwirtschaft, da der warme mediterrane Sommer bei ausreichender Wasserversorgung sehr hohe Erträge bringt. Deshalb werden die bewässerten Anbauflächen immer mehr vergrößert. In diesem Zusammenhang ist der ehemalige Einfluss der Araber besonderes zu betonen, denn wir haben ihm nicht nur wichtige Netze von Bewässerungskanälen zu verdanken, die teilweise noch heute in Betrieb sind, sondern auch zahlreiche Fachbegriffe, die sich auf Wasser und Bewässerung beziehen. Auch die Abfolge des Bewässerns sowie Verordnungen und sogar Gerichte (Wassergericht von Valencia), die die Verwaltung des Wassers regeln, gehen auf die Araber zurück.

In Spanien es gibt über 1000 Stauseen von großer und mittlerer Ausdehnung mit einer Staukapazität von 40 km³ (Frankreich hat knapp 7 km³), die praktisch die ganze regulierbare Wassermenge nutzen. Vom gesamten jährlichen Wasserverbrauch mit ungefähr 25 km³ entfallen rund 85% auf die Landwirtschaft (MMA 1998, IGLESIAS et al. 2005). Diese Tatsache macht verständlich, welche Bedeutung der landwirtschaftlichen Wassernutzung und der Verwaltung dieser Ressource beigemessen wird.

Der Gegensatz im Ertrag zwischen unbewässertes und bewässertes Landwirtschaft ist um so krasser, je mehr die Mediterranität d.h. die Sommerdürre zunimmt. Ihr Einfluss schwächt sich allerdings in regenreicheren Gebieten wie den Gebirgen ab, wo mit zusätzlichen orographischen Niederschlägen zu rechnen ist. Auf Böden mit Silikatgestein und auf oligotrophen Böden sind die Folgen der unbewässertes Landwirtschaft stärker ausgeprägt als auf Mergel- und Kalkböden. Aus diesem Grund waren die armen Landstriche auch die ersten, in denen in den letzten Jahrzehnten ein starker Bevölkerungsrückgang einsetzte.

4.3 Der unbewässertes Baum- oder Obstanbau

Obwohl es so scheint, als ob im Mediterranraum wegen der Sommerdürre nur eine Landwirtschaft mit einjährigen Pflanzen betrieben werden kann, bringen auch einige holzige Arten mit ihren Früchten und Samen gute Erträge: Olivenbäume (*Olea europaea*), Weinreben (*Vitis vinifera*), Johannisbrotbäume (*Ceratonia siliqua*) und Mandelbäume (*Prunus dulcis*) sind die wichtigsten Vertreter, die fast immer bei unbewässertes Landwirtschaft und oft auf gestuften Terrassen angebaut werden. Es erübrigt sich, hier auf ihre ökonomische Bedeutung hinzuweisen. Besonders in den zentralen und südlichen Gebieten der Iberischen Halbinsel werden große Flächen mit diesen authentisch mediterranen Arten bestellt, in den Terrassenlandschaften der östlichen Hälfte oft kombiniert mit dem Anbau einjähriger Pflanzen wie Getreide.

Der Anbau der genannten holzigen Arten begann mit der griechisch-phönizischen

Besiedlung der östlichen und südlichen Küstengebiete und nahm später mit der allgemeinen Romanisierung des Landes weiter zu. Für ihre Domestizierung war eine Pflopftechnik entscheidend, die schon damals eingeführt wurde.

4.4 Die traditionellen Viehzuchtssysteme

Aufgrund des bergigen Geländes, das einen Großteil der Iberischen Halbinsel ausmacht, hat die Viehzucht historisch gesehen seit der neolithischen Revolution immer einen hohen Stellenwert für die Menschen und die Entwicklung der Ökosysteme gehabt (BLONDEL & ARONSON 1999). Viehzucht, kombiniert mit Agrarbau, sind seit jeher die wichtigsten Einnahmequellen, auch wenn einige Gebiete ausgesprochen unwegsam sind. Hauptsächlich wurden Schafe, Kühe, Schweine, Ziegen und Pferde gehalten, die im Laufe der Zeit eine Vielzahl an einheimischen Rassen und Varianten hervorbrachten.

Bei der klimabedingten extensiven Viehhaltung standen die Tiere nicht in Ställen, sondern wurden auf Weiden getrieben, die oft nur im Frühling und Herbst, teilweise aber auch im Winter genutzt werden konnten. Zur Überbrückung der trockenen Sommer gab es selten Sommerweiden und das Vieh musste in meist weit entfernte, oft bergige Gebiete, getrieben werden (Transhumanz). Vom ausgehenden Mittelalter bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts entwickelte sich dieses System und nahm an Bedeutung zu, speziell im Königreich von Kastilien. Die Wolle als Hauptprodukt der Viehwirtschaft, speziell die des Merinoschafes (einheimisch in Spanien), war besonders wichtig. Deren Wertschätzung führte zur Gründung des „Honrado Consejo de la Mesta“ (Ehrenrat der Mesta; 1273-1836), der die Viehbesitzer in einem Verband zusammenschloss und auf ihre Rechte achtete.

Durch die Transhumanz entstand ein Netz von Pfaden und Hohlwegen, durch die das Vieh, speziell die Wollschafe, von Weide zu Weide getrieben werden konnten, welche bis zu einigen hundert Kilometern auseinander lagen. Auf derart großen Distanzen war die Transhumanz nur rentabel, wenn die Wolle zu hohen Preisen abgesetzt werden konnte, was bei der Merinowolle als wichtigem Produkt für den internationalen Handel der Fall war. Im 16. Jahrhundert entwickelten sich dementsprechend im Landesinneren Schafherden in einer Größenordnung von insgesamt 4 bis 5 Millionen Tieren (BLONDEL & ARONSON 1999). Diese gewaltig entwickelte Viehwirtschaft hatte enorme Auswirkungen auf die natürliche und halbnatürliche Vegetation der Halbinsel, welche dadurch stark beeinflusst wurde und schließlich einen mächtigen Rückgang erlitt.

4.5 Die kombinierte silvopastorale Landnutzung: die Dehesa oder Montado

Nachhaltige Nutzungsmodelle von Ökosystemen in Gebieten, die für die Landwirtschaft nahezu ungeeignet sind (was auf Spanisch monte genannt wird), bestanden wahrscheinlich seit vielen Jahrhunderten aus kombinierten silvopastoralen Landnutzungssystemen, die selbst heute noch in weiten Teilen des iberischen Westens in einwandfreiem Zustand existieren. Es gibt sie noch auf Flächen zwischen 2 und 2,5 Millionen Hektar, von denen 75% in Spanien und der Rest in Portugal liegen (BLANCO et al. 1997). Man kann davon ausgehen, dass sie früher in fast ganz Europa verbreitet waren. Bei diesem System werden alle Walderzeugnisse maximal genutzt: Kleinholz, Früchte (Eicheln), Blätter usw. bei gleichzeitiger Beweidung und manchmal sogar Produkthanbau. Um mehr Platz für Weideflächen zu schaffen, wird die Baumdichte reduziert, so dass viele Lichtungen entstehen. Dennoch bleibt insgesamt die Struktur eines Halbwaldes erhalten. Ein solches System wird auf Spanisch **Dehesa** und auf Portugiesisch **Montado** genannt. Es bedeckt noch immer weiträumige Flächen Westiberiens und stellt somit einen durchaus emblematischen Vegetationstyp dieser Region dar.

Die Dehesa ist ein Modell der Landnutzung, das auf Diversität und Selbsterhaltung setzt - bei gleichzeitig vollkommener Anpassung an die Bedingungen des jeweiligen Gebietes. Seine Strategie ist die Optimierung, nicht aber die Maximierung der Produktivität. Um anhaltende Leistungen zu erwirtschaften, zielt man also auf Diversifikation, auf Ergänzung und Ausweitung des Nutzens.

Bei der Dehesa handelt es sich um eine der wertvollsten Kulturlandschaften, die heute die Aufmerksamkeit vieler Ökologen und Umweltschützer auf sich zieht. Sie wurde daher zentraler Bestandteil der Habitatdirektive der Europäischen Union. Ihr Wert liegt hauptsächlich in einer ausgeglichenen Mischung verschiedener Habitattypen, hervorgerufen durch die unterschiedlichen Nutzungen als Wald, Weide, Heide und manchmal sogar als Anbaufläche, wo alle Lebewesen koexistieren können (DÍAZ et al. 2003). Die Dehesa ist daher streng genommen ein Hybrid und ein anthropogen verändertes Habitat, das in großem Ausmaß in weiten Teilen Westiberiens vertreten ist.

Der Baumbestand der Dehesa ist ein Relikt des ursprünglichen Waldes mit eigenen Arten der Gattung *Quercus*. Die Bäume sind mit einem kräftigen und tiefreichenden Wurzelsystem ausgestattet und können Nährstoffe aus unteren Bodenschichten aufnehmen, was auf den armen oligotrophen Böden von großer Bedeutung ist. Der durch die Kronen gespendete Schatten spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, weil er das Austrocknen der Weiden unterhalb der Baumschicht verzögert. Die Kronen selbst mildern thermische Schwankungen, die Windgeschwindigkeit und auch die Stärke episodisch auftretender Wolkenbrüche und schaffen so ein milderes Mikroklima.

Die Dehesas weisen eine klare Verbindung zu den zuvor erwähnten traditionellen Viehzuchtssystemen auf, wobei die Transhumanz eine perfekte Ergänzung der nicht ganzjährigen Nutzung darstellt. Heute wird das Vieh allerdings zusätzlich gefüttert, was die Wanderung der Herden überflüssig macht, so dass sie nun das ganze Jahr über in den Dehesas bleiben.

Zusammenfassung der Dehesanutzung

• Nutzung des Waldes

- **Brennholz:** Direkte Nutzung als Brennstoff oder zur Herstellung von Holzkohle.
- **Kork** der Korkeiche (*Quercus suber*), wird alle 8 bis 12 Jahre gewonnen.
- **Gerbstoffe:** Hauptsächlich aus der Rinde von Zweigen und Baumstämmen der *Quercus rotundifolia*.

• Viehwirtschaft

- **Weide:** Bildet die Hauptressource der Dehesa. Der Nutzungszyklus wird an die sommertrockenen Weiden angepasst: das Vieh muss auf den grünen, natürlichen Weiden der Umgebung grasen. Das System basiert auf der Transhumanz.
- **Reisig:** Die Blätter und kleinen Zweige werden dem Vieh als zusätzliches Futter gereicht. Die häufigsten betroffenen Arten sind *Quercus rotundifolia*, *Q. suber*, *Q. broteroi*, *Q. pyrenaica* und *Fraxinus angustifolia*. Reisig stellt eine wichtige Ressource dar, weil es Futter in der trockenen Jahreszeit des mediterranen Klimas liefert.
- **Eichelmast** (Montanera). Die wichtigste Art ist *Quercus rotundifolia*, deren Früchte in großer Menge über mehrere Monate verfügbar sind (Oktober bis Januar). Andere interessante Arten sind *Q. suber* und *Q. broteroi*, deren Eicheln schon im September zu reifen beginnen, so dass insgesamt fast fünf Monate lang Früchte geerntet werden können.

- **Landwirtschaftliche Nutzung:** Diese Nutzungsart ist zweitrangig und episodisch und bringt normalerweise nur geringe Ausbeute. Produziert werden Getreide und Futter für das Vieh der Dehesa.
- **Anderweitige Nutzung**
 - **Jagd.** In einigen Bezirken ist sowohl die Großwild- wie auch die Kleinwildjagd ökonomisch betrachtet eine wichtige Nutzung.
 - **Honignutzung.** Honig mit Herkunftsnachweis aus der Zistrosenlandschaft oder der Heide sind begehrt.

4.6 Die Entwaldung und Ausdehnung der Heide (Matorralisierung)

Eines der auffälligsten Merkmale der iberischen Landschaft, besonders für mitteleuropäische Beobachter, ist sicherlich die Entwaldung und die vielerorts verbreitete Kahllheit der Hügel und Berge. Dieser Umstand hat die Botaniker schon lange derart beeindruckt, dass die Idee aufkam, die Iberische Halbinsel sei von Steppengebieten durchzogen; von einer Iberischen Steppe spricht man schon seit 1852, als Mauritius Willkomm sein berühmtes Werk veröffentlichte. Der Eindruck einer „kahlen Gegend“ ist zweifelsohne korrekt und zeigt die Realität einer verwüsteten Landschaft ohne Bäume: ein trockenes und unfruchtbares Land, das sich über weite Teile des mediterranen Spaniens erstreckt. Diese Landschaft ist in Wirklichkeit jedoch künstlich entstanden und das Ergebnis einer hundertjährigen menschlichen Aktivität, über die bereits im vorigen Abschnitt berichtet wurde.

Verantwortlich für diese Situation ist die Viehzucht in Verbindung mit der Holzgewinnung für vielschichtige Anwendungsbereiche. Schafe und Ziegen üben starken Weidedruck auf die Vegetation aus, die aufgrund der Limitation durch das mediterrane Klima ohnehin schon über eine niedrige Regenerationsfähigkeit verfügt. Außerdem hat der jahrhundertlange Einsatz von Feuer durch die Hirten entscheidend zu dieser allgemeinen Verheidung (Matorralisierung) beigetragen.

Das empfundene Bild der Landschaftszerstörung oder -verwüstung stimmt weniger mit der Realität überein, als es den Anschein hat. Schließlich ist das Verhältnis von Waldfläche zur Gesamtoberfläche der iberischen Länder durchaus annehmbar: in Spanien beträgt der Waldanteil fast 30% (knapp 15 Millionen Hektar) und in Portugal sind es sogar 35% der Gesamtoberfläche (3,5 Millionen Hektar). Diese Zahlen liegen nahe an den Durchschnittswerten der anderen Länder der Europäischen Union (rund 30%). Der Grund für diese Werte liegt größtenteils in der intensiven Aufforstungspolitik, sprich der Anpflanzung exotischer Baumarten, welche vor allem im Laufe des 20. Jahrhunderts durchgeführt wurde. Auch hat die Zerstörung durch den Menschen nachgelassen, die durch die traditionellen Nutzungssysteme verursacht wurde. Der Druck auf die Vegetation ist folglich stark gesunken. Eine Landflucht innerhalb der letzten 30-40 Jahre und die darauf folgende Aufgabe der Holznutzung haben ihren Teil dazu beigetragen. Die mediterranen Ökosysteme befinden sich derzeit in einer Regenerations- oder Wiederaufbauphase, welche über die Sekundärsukzession in Richtung potentieller natürlicher Vegetation strebt. Wenn wir uns das Gesamtbild vor Augen führen, kann man sagen, dass wir uns heute von dem Druck abwenden, der seit dem Neolithikum auf die mediterranen Ökosysteme ausgeübt wurde, und uns nun einer „Dynamik des sich selbst Überlassens“ zuwenden.

Zusammenfassung

Das südwestliche Ende des europäischen Kontinents ist auch sein trockenstes Gebiet. Solche Bedingungen sind geographisch bestimmt, weil das Azorenhoch Sommerdürren über große Teile der Iberischen Halbinsel bringen kann. Diese Dürre hat eine unregelmäßige räumliche und zeitliche Ausbreitung. Im Allgemeinen kann man jedoch sagen, dass sie sich im Süden und Südosten stärker auswirkt. Der Teil Iberiens mit mediterranem Klima ist der größte dieses Klimatyps in Europa (rund 400.000 km²) und seine Diversität ist wegen der orographischen und klimatischen Verschiedenheiten sehr hoch.

Während des Quartärs waren weite Teile der Iberischen Halbinsel ständig eisfrei und während der Glazialzeiten gab es Gletschereis nur in den nördlichen Gebirgen; im Süden findet man Eisspuren nur auf den Gipfeln der höchsten Berge in der Sierra Nevada. Der größte Teil des Landes blieb jedoch eisfrei und erlaubte das Überleben vieler tertiärer Pflanzen- und Tierarten. Die Trockenheit des Klimas setzte schon im Tertiär ein und auch während des Quartärs war Iberien immer trocken.

Die iberische Flora ist merklich reicher als die anderer Länder Europas. Das ist das Ergebnis ihrer Geschichte und der Verschiedenheit der Habitate dieser Halbinsel. Ihre mediterrane Flora hat verschiedene Hauptelemente: westliche, östliche und oromediterrane mit hohen Endemitenraten (ca. 20 % für die gesamte Iberische Halbinsel). Über den Ursprung der mediterranen Flora besteht die Theorie, dass sie einen Doppelursprung habe: alte oder palaeo-mediterrane Elemente des Tertiärs entwickelten sich während des Spättertiärs aus palaeotropischen Floren und eine weitgehend neuere Flora entstand während der quartären Eiszeiten aus holarktischen Elementen.

Die großen Vegetationseinheiten des mediterranen Iberiens sind:

- Sommergrüne Laubwälder,
- Immergrüne Hartlaubwälder und Gebüsche,
- Nadelwälder und Gebüsche,
- Formationen mediterraner Heideflächen: Ginsterbüsche, mit Zistrosen und Rosmarin (*Matorrales*),
- Formationen hartblättriger xeromorphischer Gräser: Espartogräser,
- Formationen mediterraner Hochgebirgsvegetation,
- Nitrophile ausdauernde Vegetation.

Die häufigsten Anpassungen mediterraner Pflanzen an Trockenheit sind: Hartlaubigkeit, Therophytismus und Geophytismus.

Ein kurzer Abriss der Geschichte des menschlichen Einflusses auf die mediterranen Ökosysteme Iberiens verdeutlicht die anthropogene Einflussnahme auf die Vegetation. Die traditionellen Agrarsysteme der Mittelmeerländer werden dazu beispielhaft vorgestellt: Bewässerte und unbewässerte Landwirtschaft (*regadío* und *secano*); mediterraner unbewässerter Obstanbau; beweidete Wälder (*dehesa*); Systeme der Transhumanz sowie Brände und Verheidung (*matorralización*).

Literatur

- BLANCO, E., CASADO, M.A., COSTA TENORIO, M., ESCRIBANO, R., GARCÍA ANTÓN, M., GÉNOVA, M., GÓMEZ MANZANEQUE, A., MORENO SAIZ, J.C., MORLA, C., REGATO, P., & H. SAINZ (1997): Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. – Ed. Planeta. Barcelona.
- BLONDEL, J. & J. ARONSON (1995): Biodiversity and ecosystem function in the Mediterranean Basin: Human and non-human determinants. In: DAVIS, G.W. & D.M. RICHARDSON (Eds.)

- Mediterranean-Type-Ecosystems. The function of Biodiversity. – Ecological Studies **109**: 43-119. Springer.
- BLONDEL, J. & J. ARONSON (1999): Biology and wildlife of the Mediterranean Region. – Oxford Univ. Press.
- BOX, E. (1997): Plant life forms and Mediterranean environments. – *Annali di Botanica* **45** (2): 7-42.
- BURJACHS, F. & E. ALLUE (1997): Paleoclimatic evolution during the last glacial cycle at the Iberian Peninsula. – In: RUIZ, M.B. et al. (Eds.) Quaternary Climatic Changes and Environmental Crises in the Mediterranean Region: 191-200. Universidad de Alcalá, MEC e INQUA. Alcalá de Henares.
- BURRICHTER, E., J. HÜPPE & R. POTT (1993): Agrarwirtschaftlich bedingte Vegetationsbereicherung und -verarmung in historischer Sicht. – *Phytocoenologia* **23**: 427-447.
- BUXÓ, R. (1997): Arqueología de las plantas. La explotación económica de las semillas y los frutos en el marco mediterráneo. – Ed. Crítica. Barcelona.
- CARRIÓN, J.S. (2003): Sobresaltos en el bosque mediterráneo: incidencia de las perturbaciones observables en una escala paleoecológica. – *Ecosistemas* **12** (3).
- CASTROVIEJO, S. (2002): Riqueza florística de la Península Ibérica e Islas Baleares. El proyecto “Flora Iberica”. – In: PINEDA, F.D. et al. (Eds.) La diversidad biológica de España: 167-174. CYTED. Prentice Hall.
- CONTI, F., G. ABBATE, A. ALESSANDRINI & C. BLASI (Eds.) (2005): An annotated check-list of the Italian vascular flora. – Palombi Ed.
- DÍAZ, M., PULIDO, F.J. & T. MARAÑÓN (2003): Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adhesionados. – *Ecosistemas* **12** (3).
- GARCÍA-MORA, M.R., GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B. & F. GARCÍA-NOVO (1999): Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. – *J. Veg. Sci.* **10**: 27-34.
- GÓMEZ CAMPO, C. (2001) (ed.): Conservación de especies vegetales amenazadas en la región mediterránea occidental. – Fundación Areces. Madrid.
- GUREVITCH, J., SCHEINER, S.M. & G.A. FOX (2002): The Ecology of Plants. – Sinauer Ass. Publ. Sunderland.
- HERRERA, C.M. (1984): Tipos morfológicos y funcionales en plantas del matorral mediterráneo del sur de España. – *Studia Oecologica* **5**: 7-34.
- HERRERA, C.M. (1992): Historical effects and sorting processes as explanations for contemporary ecological patterns: Character syndromes in Mediterranean woody plants. – *American Naturalist* **140** (3): 421-446.
- HERRERA, C.M. (2001): Dispersión de semillas por animales en el Mediterráneo: ecología y evolución. – In: ZAMORA, R. & F. PUGNAIRE (Eds.) Ecosistemas Mediterráneos. Análisis Funcional: 125-152. Textos Universitarios. CSIC
- IGLESIAS, A., ESTRELA, T. & F. GALLART (2005): Impactos sobre los recursos hídricos. – In: MORENO, J.M. (Ed.) Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático: 303-353. Ministerio de Medio Ambiente.
- LAVOREL, S. (1999): Ecological diversity and resilience of Mediterranean vegetation to disturbance. – *Diversity and Distributions* **5**: 3-13.
- LOIDI, J. (1999): Preserving biodiversity in the European Union: the Habitats Directive and its application in Spain. – *Plant Biosystems* **133** (2): 99-106.
- MÉDAIL, F. & P. QUÉZEL (1997): Hot-Spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* **84**: 112-127.
- MÉDAIL, F., ROCHE, P. & T. TATONI (1998): Functional groups in phytoecology : an application to the study of isolated plant communities in Mediterranean France. – *Acta Oecologica* **19** (3): 263-274.
- MMA 1998. El Libro Blanco del Agua en España. – Ministerio de Medio Ambiente.
- MORENO, J.M. & W.C. OECHEL (Eds.) (1994): The role of fire in mediterranean type ecosystems. – Springer Verlag, New York.
- MORENO, J.M., VÁZQUEZ, A., PÉREZ, B., FARACO, A.M., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F., QUINTANA, J.R. & A. CRUZ (1996): Los incendios forestales en España y su impacto sobre los ecosistemas: lecciones del estudio de los montes de Gredos. – In: LOIDI, J. (Ed.) Avances

- en Fitosociología: 23-42. Ed. UPV/EHU.
- OJEDA, F. (2001): El fuego como factor clave en la evolución de plantas mediterráneas. – In: ZAMORA, R. & F. PUGNAIRE (Eds.) Ecosistemas Mediterráneos. Análisis Funcional: 319-349. Textos Universitarios. CSIC.
- RIERA MORA, S. (2006): Cambios vegetales holocenos en la región mediterránea de la Península Ibérica: ensayo de síntesis. – Ecosistemas **15** (1).
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. & J. LOIDI (1999): Biogeography of the Iberian Peninsula. In: RIVAS-MARTÍNEZ et al. (Eds.) *Iter Ibericum A.D. MIM. – Itinera Geobot.* **13**: 49-67.
- SAINZ OLLERO, H. & J.C. MORENO SAIZ (2002): Flora vascular endémica española. – In: PINEDA, F.D. et al. (Eds.) *La diversidad biológica de España: 175-195.* CYTED. Prentice Hall.
- SUC, J.-P. (1984): Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. – *Nature* **307**: 429-433.
- TERRADAS, J. (2001): Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes. – Ed. Omega. Barcelona.
- TURNER, I.M. (1994): Sclerophilly: primarily protective? – *Functional Ecol.* **8**: 669-675.
- VALLADARES, F. (2001): Características mediterráneas de la conversión fotosintética de la luz en biomasa: de órgano a organismo. – In: ZAMORA, R. & F. PUGNAIRE (Eds.) Ecosistemas Mediterráneos. Análisis Funcional: 67-93. Textos Universitarios. CSIC.
- WILLKOMM, M. (1852): *Die Strand- und Steppengebiete der Iberischen Halbinsel und deren Vegetation.* – Leipzig.
- ZAPATA, L. (1999): La explotación de los recursos vegetales y el origen de la agricultura en el País Vasco: análisis arqueobotánico de macrorrestos vegetales. – Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Javier Loidi, Abteilung für Pflanzenbiologie und Ökologie. Universität des Baskenlandes, Ap. 644. 48080-Bilbao. Spanien
javier.loidi@ehu.es