

## BERICHTE UND MITTEILUNGEN

## ZUR VEGETATIONSDYNAMIK IM MEDITERRANEN SÜDFRANKREICH

Internationaler Forschungsstand und erste Skizze zur Vegetationsdynamik im Raum Nîmes (Frankreich/Dept. Gard)

Mit 4 Abbildungen

CHRISTOPHE NEFF und PETER FRANKENBERG

*Summary:* Vegetation dynamics in Mediterranean France. The international state of the art in research and a preliminary sketch of the vegetation dynamics in the Nîmes region (Dept. Gard, France)

The climax-concept of a sclerophyllous oak forest, with *Quercus ilex* as dominant species in the Mediterranean area, is more and more brought into doubt within international ecosystem research. But those results have not found a substantial reception in German vegetation geography. In German manuals the zonal vegetation of the Mediterranean region is still defined as sclerophyllous oak forest with *Quercus ilex*, in accordance with BRAUN-BLANQUET (1936). More recent research, such as that published by ROMANE a. TERRADAS (1992), has not gained much attention in Germany. ROMANE a. TERRADAS explain the dominance of *Quercus ilex* as a consequence of human impacts during the Neolithic period. For the Bas-Languedoc the authors have found similar results from analysis of the literature and from their own investigations. Those investigations are based on L. TRABAUD's model, which is internationally recognized, but which is largely unknown in Germany. For those reasons L. TRABAUD's model is briefly described (Fig. 1). In the two following models, the authors try to describe the principal processes in the dynamics of the vegetation and cultural landscape of the Nîmes region. During the Neolithic period, the image of the landscape was substantially changed by human impacts. Those processes were probably reinforced during the Chasséen, and their consequences mainly affected the character of the landscape until the Industrial Revolution. During the Chasséen, the fertile and moist lands had been transformed into arable land, dislodging *Quercus pubescens*. In the remaining areas, which were episodically or periodically used for hunting, ranging and exploiting fuelwoods, *Quercus ilex* was pushed into a dominant position. This process is also related to the large ecological performances of *Quercus ilex*. The rural exodus, one of the consequences of industrialization, was mainly reinforced by the melioration of the coastal plains for the returning colonists from the former French Algeria and by the consequences of coastal mass tourism at the seaside. This reinforced exodus not only attained the peripheral mountains, but also reached other large areas; and this reinforced rural exodus provided large areas of partly inhabited bush land. The first results of this "large natural succession experiment" are often in contradiction to classical climax theories.

Following the climax theory, those areas should have been recolonised by *Quercus ilex*. For the Nîmes region, the authors found examples for the remarkable population dynamics of *Quercus pubescens* on deeper substrata and the impressive competition force of *Pinus pinea* on Pleistocene gravels in the Costières. Finally, the results of the vegetation dynamics are discussed by reference to the occurrence of fire ecology and compared with the objection raised by HEMPEL (1990) concerning the evolution of the cultural landscape in Greece. The authors also explain their prospective research aims in Mediterranean France, including fire ecology, old field successions, and problems of fuelwood exploitation and their role in the historic evolution of vegetation dynamics.

*Stand der Forschung*

In der internationalen Ökosystemforschung wird das „Klimaxkonzept“ eines „immergrünen Hartlaubwaldes mit *Quercus ilex* als Hauptbaumart“ für das nordwestliche Mittelmeergebiet immer mehr in Frage gestellt und durch neuere, dynamischere Konzepte ersetzt. Bemerkenswert ist hierbei, daß diese Ergebnisse in der deutschen Vegetationsgeographie bisher kaum Beachtung fanden. Im folgenden Beitrag wird daher anhand einer kurzen Literaturanalyse und aus der Sicht eigener, noch nicht veröffentlichter Feldforschungen aus dem Raum Nîmes (vgl. Abb. 1), der derzeitige Stand der internationalen Forschung kurz dargestellt. Die eigenen Erkenntnisse beruhen auf einem gemeinsam vom Lehrstuhl Physische Geographie der Universität Mannheim und dem Centre d'Ecologie Fonctionnelle Louis Emberger (CEF-CNRS) Montpellier durchgeführten Forschungsprojekt zu Feuerrisiken in den Garrigueslandschaften der Vaunage. Von französischer Seite wird dieses gemeinsame Forschungsprojekt federführend von Herrn Louis Trabaud betreut.

In den meisten deutschsprachigen Lehrbüchern zur Vegetationsgeographie wird die zonale Vegetation des Mittelmeerraumes immer noch als immer-

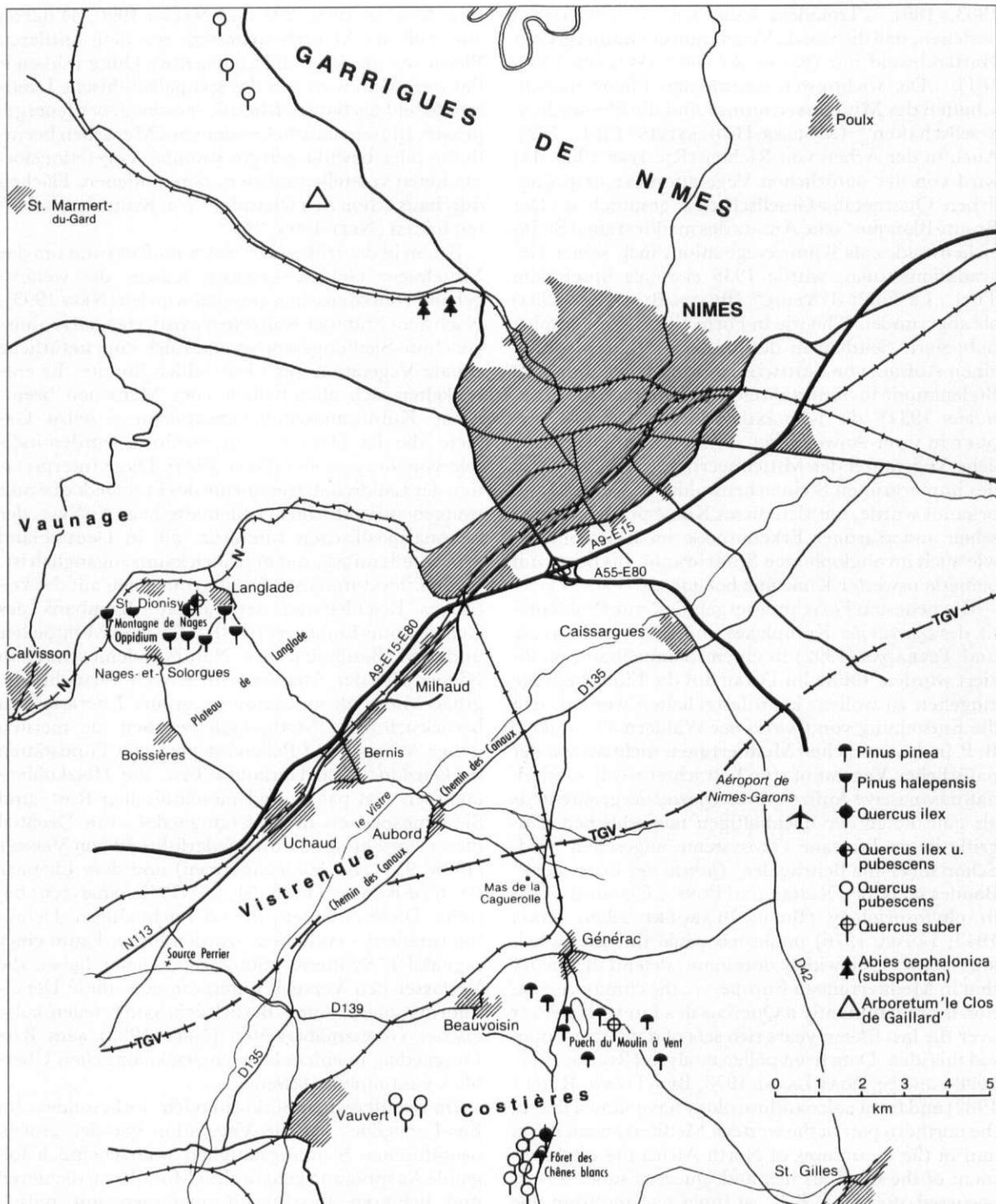


Abb. 1: Übersichtskarte des Raum Nîmes  
Map of the Nîmes region

grüne Steineichenwaldgesellschaft definiert. Jüngere Arbeiten enthalten u. a. folgende Aussagen: „Steineichenwälder mit einem völlig geschlossenen Kronen-

dach, wie sie in der ursprünglichen Vegetation des Mittelmeergebiets die Regel waren, findet man nur noch an wenigen Reliktstandorten“ (KLINCK u. MAYER

1983, 188). „Trotzdem kann kein Zweifel daran bestehen, daß die zonale Vegetation ein immergrüner Hartlaubwald mit *Quercus ilex* war“ (WALTER 1990, 181). „Die wichtigsten natürlichen Pflanzengesellschaften des Mittelmeerraumes sind die Steineichen-Gesellschaften“ (MÜLLER-HOHENSTEIN 1981, 132). Auch in der Arbeit von Richter (RICHTER 1989, 14) wird von der natürlichen Vegetation der ursprünglichen *Querqetalia*-Gesellschaften gesprochen. Der Braun-Blanquet'sche Ansatz des mediterranen Steineichenwaldes als Klimaxvegetation, incl. seiner Degradationsstufen, wurde 1936 erstmals unter dem Titel „La Forêt d'Yeuse“ (BRAUN-BLANQUET 1934) als abgerundete Theorie in Form einer Monographie publiziert. Seitdem in den dreißiger Jahren, durch einen Aufsatz von SCHMITHÜSEN zur Vegetation und Bodenkunde in Südfrankreich und Spanien (SCHMITHÜSEN 1934), die Klimaxtheorie von BRAUN-BLANQUET in ihrer Anwendung auf die potentielle natürliche Vegetation des Mittelmeerraumes in der Form des immergrünen Steineichenwaldes in Deutschland bekannt wurde, hat sich dieses Konzept, trotz inzwischen andersartiger Erkenntnisse im francophonen wie auch im anglophonen Sprachraum, bis heute mit bemerkenswerter Konstanz behauptet.

Die neuesten Forschungsergebnisse zur Problematik des *Quercus ilex*-Komplexes sind 1992 von ROMANE und TERRADAS (1992) in einem Sammelband publiziert worden. Ohne im Detail auf die Einzelbeiträge eingehen zu wollen, kann festgehalten werden, daß die Entstehung von *Quercus ilex*-Wäldern ab ca. 6000 B. P. in der westlichen Mediterraneis nicht als zonaler natürlicher Vegetationstyp betrachtet wird, sondern daß das massive Auftreten von *Quercus ilex* größtenteils als eine Folge der nachhaltigen menschlichen Eingriffe in mediterrane Ökosysteme angesehen wird. Schon im ersten Beitrag des „*Quercus ilex*-Ecosystem“ Bandes schreiben REILLE und PONS: „Classical works in phytosociology (BRAUN-BLANQUET 1936; RIKLI 1943; LOISEL 1976) published while the sclerophyllous oak was still widely dominant, defend the theory that in Mediterranean Europe, . . . the climax vegetation is predominantly a *Quercus ilex* forest. However over the last fifteen years two sets of data have opposed this idea. Data from pollen analysis (REILLE 1977; 1990 a and b; TRIAT LAVAL 1978, BEN-TIBA a. REILLE 1982) and from paleoanthracology have shown that in the northern part of the western Mediterranean Basin and in the mountains of North Africa the establishment of the *Quercus ilex* and *Quercus suber* forests occurred after 6000 B.P., at times varying from one region to another, and always as a result of human impact on nature.“ (REILLE a. PONS 1992, 13). Hinzuzufügen ist, daß die Forschung inzwischen so weit geht, die Nachhaltigkeit der menschlichen Einflüsse im Mittelmeerraum schon weit vor der neolithischen Kulturrevolution anzusetzen. So geht NEFF (1995, 59) u. a. auf NAVEH und SCHÜLE bezugnehmend (vgl.

u. a. SCHÜLE 1990, 295 und NAVEH 1990, 4) davon aus, daß der Mensch spätestens seit dem mittleren Pleistozän an der Landschaftsentwicklung mitbeteiligt war. Man wird sich das spätpaläolithische Landschaftsbild als buntes Mosaik verschiedener feuergeprägter (durch natürliche oder vom Menschen beeinflusste oder bewußt gelegte Brände) Vegetationsformationen vorstellen müssen, deren offenere Flächen durchaus schon den Charakter von Kulturlandschaften hatten (NEFF 1993, 24).

Schon in der frühen Dryaszeit muß es rund um das Mittelmeer Gebiete gegeben haben, die weitestgehend vom Menschen gestaltet wurden (NEFF 1993). Nach dem Ende der Kaltzeiten existierten dort so ausgedehnte Siedlungszentren, daß sich eine natürliche zonale Vegetation gar nicht bilden konnte. Es entwickelten sich allenthalben vom Menschen beeinflusste Kulturlandschaftsformationen – selbst Gebiete, die der Mensch nicht anrührte, wurden indirekt von ihm gestaltet (NEFF 1995). Diese Interpretation der Landschaftsgeschichte des Languedoc beruht weitgehend auf einer systematischen Analyse der regionalspezifischen Literatur, die in Deutschland größtenteils unbekannt und auch kaum zugänglich ist. Diese Literaturanalyse beruht zum einen auf der kritischen Erschließung der Literaturdatenbank des Centre Louis Emberger (CNRS-CEF) in Montpellier und den Beständen des Naturkundemuseums in Nîmes. Bei der Analyse wurde auch versucht, die große Masse an sogenannter „grauer Literatur“ zu berücksichtigen. Methodisch beruhen die meisten dieser Arbeiten auf Pollenanalysen von Fundstätten im Gardon – und Heraulttal bzw. auf Holzkohlenanalysen von paleo- und mesolithischen Rast- und Siedlungsplätzen im Bas-Languedoc. Ein Großteil dieser Forschungen wurde federführend von VERNET (1988, 91) (Holzkohlenanalysen) und dem Ehepaar BAZILLE-ROBERT (1980, 81, 87) (Pollenanalysen) betreut. Diese Arbeiten, die oft reichhaltigste Detailinformationen enthalten, wurden bisher kaum einer regionalen Synthese unterzogen. Daher haben die Verfasser den Versuch unternommen, diese Detailinformationen unter Berücksichtigung feuerökologischer Gesetzmäßigkeiten (NEFF 1995) zum Bas-Languedoc, in einem landschaftsökologischen Überblick zusammenzufassen.

Im mediterranen Südfrankreich, insbesondere im Bas-Languedoc, hat die Vegetation vor der großen neolithischen Siedlungstätigkeit wahrscheinlich folgende Ausprägung gehabt: Ein Mosaik von dichteren und lichtereren Buschwaldformationen mit mitteleuropäischen Arten wie *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, *Quercus sp.*, mit submediterranen Arten wie *Quercus pubescens*, *Buxus sempervirens*, *Arbutus unedo*, und mit mediterranen Arten wie *Phillyrea sp.*, *Erica arborea* und *Amygdalus sp.* In der näheren Umgebung von proto-neolithischen Siedlungs- und Rastplätzen bestanden offenere Formationen, welche durch Feuer freigehal-

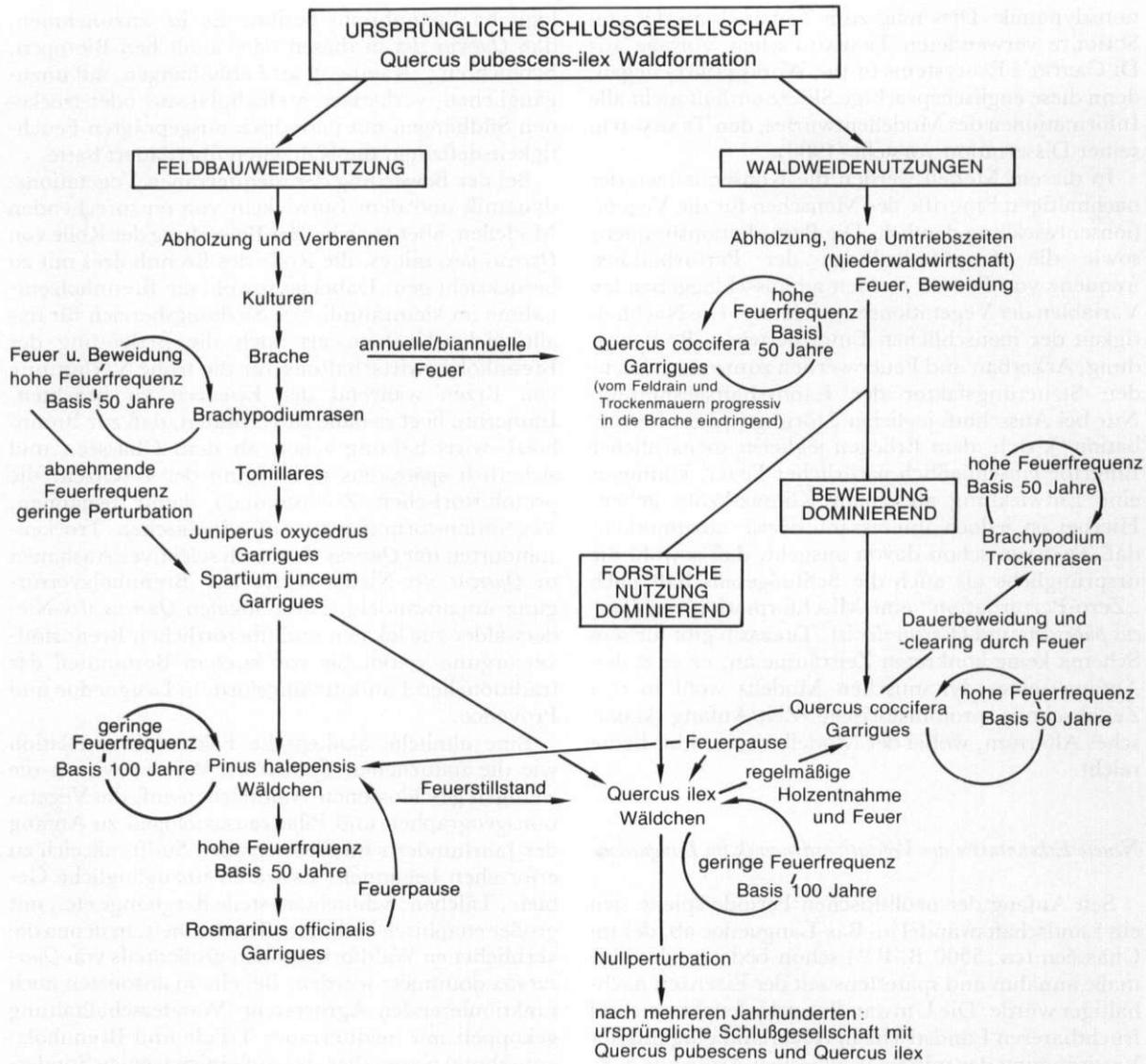


Abb. 2: Schema der Vegetationsdynamik unter besonderer Berücksichtigung von Mensch und Feuer in den Garrigueslandschaften des Bas-Languedoc nach TRABAUD 1980, 258 (Übersetzung: C. NEFF, mit freundlicher Genehmigung von L. TRABAUD; Kartographie: MITLEHNER)

Influence of man and fire on the vegetation dynamics in the Bas-Languedoc, after TRABAUD 1980, 258 (Model translated by C. NEFF into German with the permission of L. TRABAUD)

ten wurden, die physiognomisch einer Baumsavanne ähnlich waren. Dieses Bild wurde jedoch spätestens mit der neolithischen Kulturrevolution im südfranzösischen Raum hinfällig. Durch den ausgreifenden Ackerbau und die Viehzucht revolutionierte der neolithische Mensch das Landschaftsbild.

Vegetationsdynamik im Languedoc nach TRABAUD

TRABAUD entwarf schon Anfang der achtziger Jahre ein Schema zur Vegetationsentwicklung im Bas-

Languedoc, das die Grundlage für alle späteren Forschungsansätze bildete. Inzwischen ist dieses Schema zwar in Teilen überholt, da es aber in Deutschland noch weitgehend unbekannt ist, soll es an dieser Stelle kurz vorgestellt werden. So ging TRABAUD noch von einem ursprünglichen Quercus ilex-pubescens Klimaxwald aus. Lediglich SCHULTZ (1988) hat ein Schema der Degradationsstadien nach TRABAUD aufgeführt. Jedoch wurden dabei die wichtigsten TRABAUD'schen Erkenntnisse nicht weitergegeben: Eine Waldschlußgesellschaft aus Quercus ilex und Quercus pubescens sowie die Bedeutung der Feuerfrequenz für die Vegeta-

tionsdynamik. Dies mag zum Teil auch an der von SCHULTZ verwendeten TRABAUD'schen Vorlage aus DI CASTRI's Ecosystems of the World (1981) liegen, denn diese englischsprachige Skizze enthält nicht alle Informationen des Modellentwurfes, den TRABAUD in seiner Dissertation vorstellt (1980).

In diesem Modell werden die Konsequenzen der nachhaltigen Eingriffe des Menschen für die Vegetationsentwicklung deutlich. Die Perturbationsfrequenz sowie die Amplitudenlänge der Perturbationsfrequenz von Feuern werden zu ausschlaggebenden Variablen der Vegetationsentwicklung. Die Nachhaltigkeit der menschlichen Eingriffe wie z. B. Beweidung, Ackerbau und Feuer werden zum entscheidenden Steuerungsfaktor der Landschaftsgestaltung. Nur bei Ausschluß jeglicher Störung („Zero Perturbation“), d. h. dem Erliegen jeglicher menschlicher Eingriffe einschließlich natürlicher Feuer, könnte es eine Entwicklung zu einem Klimax-Wald geben. Hierbei ist jedoch interessanterweise anzumerken, daß TRABAUD schon davon ausgeht, daß sowohl die ursprüngliche als auch die Schlußgesellschaft nach „Zero-Perturbation“ eine Mischformation von *Quercus pubescens* und *Quercus ilex* ist. TRABAUD gibt für sein Schema keine konkreten Zeiträume an, er setzt den Anfang seines dynamischen Modells wohl in den Zeitabschnitt protohistorische Zeit/Anfang klassisches Altertum, wobei der Modellzeitraum bis heute reicht.

#### Neuere Erkenntnisse der Vegetationsdynamik im Languedoc

Seit Anfang der neolithischen Periode spielte sich ein Landschaftswandel im Bas-Languedoc ab, der im Chasséen (ca. 5500 B. P.<sup>1)</sup>) schon bedeutende Ausmaße annahm und spätestens seit der Eisenzeit nachhaltiger wurde. Die Umwandlung der feuchteren und fruchtbareren Landstriche in Ackerland ging mit der Verdrängung der mitteleuropäischen Arten wie z. B. *Fagus sylvatica* und vor allem der submediterranen *Quercus pubescens* einher. Im Tageswanderungsbereich einer Schafherde um die Siedlungen entstanden wahrscheinlich offene, vom Feuer geprägte (und freigehaltene) Formationen mit Gramineen und verbissfesten Sträuchern und Gehölzen wie *Juniperus sp.*, *Quercus sp.* und *Prunus sp.* In den nur sporadisch zur Jagd bzw. zur Transhumanz genutzten, weiter entfernt liegenden Gebieten – wohl die zu damaliger Zeit unwirtlichsten und in der Regel trockensten Gebiete – wurden die trockenresistenteren und dem Feuer angepaßten Arten dominant. In der Regel hatten in diesen besonders trockenen Regionen (z. B. Felsstandorte) die mitteleuropäischen (*Fagus* u. a. soweit überhaupt dort vorhanden) und submediterranen Arten wie z. B. *Quercus pubescens* kaum eine Entwicklungschance gegenüber *Quercus ilex* Mill., die von subhumid-gemäßigt bis fast arid eine enorme öko-

logische Spannweite besitzt. Es ist anzunehmen, daß *Quercus ilex* in diesen oder ähnlichen Biotopen, Schluchten („Ravins“), an Felsabhängen, auf unzugänglichen, verkarsteten Hochplateaus oder trockenen Südhängen mit periodisch ausgeprägten Feuchtigkeitsdefiziten, die Kaltzeiten überdauert hatte.

Bei der Bewertung der mediterranen Vegetationsdynamik und dem Entwickeln von entsprechenden Modellen, aber auch bei der Bewertung der Rolle von *Quercus ilex*, gilt es, die Rolle des Brennholzes mit zu berücksichtigen. Dabei ist sowohl die Brennholzentnahme im kleinräumlichen Siedlungsbereich für das alltägliche Kochen, als auch die Bedeutung der Brennholzbewirtschaftung für die frühe Verhüttung von Erzen während der Eisenzeit zu beachten. Immerhin liegt es nahe zu vermuten, daß zur Brennholzbewirtschaftung schon ab dem Chasséen und sicherlich spätestens mit Beginn der Eisenzeit, die protohistorischen Zivilisationen damit begannen, Vegetationsformationen auf edaphischen Trockenstandorten mit *Quercus ilex* durch selektives Aushauen in *Quercus ilex*-Niederwälder zur Brennholzversorgung umzuwandeln. Diese lokalen *Quercus ilex*-Niederwälder zur lokalen und überörtlichen Brennstoffversorgung waren bis vor kurzem Bestandteil der traditionellen Landnutzungsform in Languedoc und Provence.

Eine ähnliche ökologische Faktorenkonstellation wie die naturnahen *Quercus ilex*-Wälder wiesen die wenigen geschlossenen Waldflächen auf, die Vegetationsgeographen und Pflanzensoziologen zu Anfang des Jahrhunderts im mediterranen Südfrankreich zu erforschen begannen. Es waren unzugängliche Gebiete, Tälchen, Schluchten, steile Berghänge etc., mit großer edaphisch bedingter Trockenheit, in denen die verbliebenen Waldformationen großenteils von *Quercus ilex* dominiert wurden. Bei einem ansonsten noch funktionierenden Agrosystem (Wanderschafhaltung gekoppelt mit mediterraner Triade und Brennholzentnahme) waren dies (bis auf einige wenige Sonderstandorte, wie z. B. die Korkeichenwälder der Maures) die einzig bestehenden Waldformationen, von denen FLAHAUT (1937), RIKLI (1943–48) und BRAUN-BLANQUET (1936) auf regressive und progressive dynamische Veränderungen schließen konnten. Die

<sup>1)</sup> Die genaue zeitliche Einordnung des Chasséen im mediterranen Südfrankreich ist Stoff zahlreicher Diskussionen. Die wichtigsten Diskussionspunkte finden sich in dem von BOUTIÉ a. Université Montpellier (1988) herausgegebenen Sammelband „Le Chasséen en Languedoc oriental“; vor allem bei PHILIPPS (1988) und EVIN (1988) in diesem Band sowie der an den Beitrag von EVIN angeschlossenen Diskussion (Discussion: Datations et comparaisons) über die Probleme bei der genauen zeitlichen Einordnung mit der Radiokarbonmethode. Die meisten Fundorte aus dem südfranzösischen Chasséen werden dabei der Zeitspanne zwischen 4400–3300 v. Chr. bzw. 6000–4500 (B. P.) Radiocarbon-Jahren zugeordnet.

ursprüngliche, von den Pflanzensoziologen postulierte Entwicklung des *Quercus ilex*-Waldes nach Aufgabe von Landwirtschaft, Beweidung und planmäßigem Abbrennen, ist zumindest für das mediterrane Südfrankreich widerlegt worden. Die jüngste Aufgabe landwirtschaftlicher Flächen läßt nun erstmals ein großflächigeres Sukzessionsexperiment ablaufen. Nach teilweise bis zu fünfzigjähriger vom Menschen ungestörter Vegetationsentwicklung auf ehemaligen Agrarflächen (inkl. Weide, Ackerland, Ölbaum und Weinkultur) sind völlig andersartige Vegetationsformationen entstanden, als dies von der Warte der traditionellen Pflanzensoziologie her zu erwarten gewesen wäre. Die ablaufenden Entwicklungsserien bilden ein buntes Mosaik, in dem man zunächst durchaus *Quercus ilex* mit teilweise bedeutenden Anteilen findet, häufig dominieren aber auch andere Baumarten, wie bemerkenswerte Beispiele aus der Umgebung von Nîmes belegen. Auf ehemaligen tiefgründigen Ackerflächen setzt sich langfristig eindeutig *Quercus pubescens* durch, welche oft mit *Sorbus domestica* vergesellschaftet ist. Auch REILLE und PONS (1992, 13) bestätigen die beachtliche Dynamik von *Quercus pubescens* für Standorte mit tiefgründigerem Substrat. Daneben setzten sich vor allem die Koniferen *Pinus halepensis* und *Pinus pinea* auf weniger tiefgründigen Böden durch. In einer jüngst veröffentlichten Arbeit (NEFF u. FRANKENBERG 1995) haben die Verfasser die beeindruckende Populationsdynamik von *Pinus pinea* auf den silikatischen Villafranchien - Schotterdecken der Costières du Gard (Abb. 1) belegen können. Dort hat *Pinus pinea* in den letzten fünfzig Jahren *Quercus ilex* weitflächig verdrängen können.

Die biologische Wertigkeit der Böden determiniert neben den Substrateigenschaften die Entwicklungsdynamik der Vegetation sowie deren floristische Zusammensetzung. Daneben wird die Sukzessionsdynamik über Zeitpunkt und Dauer der Aufgabe der Bewirtschaftung gesteuert. Auf Böden mit intakter Bodenfauna, die im Zusammenhang mit anstehendem Grundgestein eine ausgewogene Wasserretention bedingen, setzten sich im langjährigen Wettbewerb im Bas-Languedoc eindeutig die Flaumeichen gegenüber den Steineichen durch. Flächen mit günstigeren Bodenverhältnissen werden im Stilllegungsprozeß jedoch meist als letzte nicht mehr bewirtschaftet, so daß geschlossene großflächige Flaumeichenbestände bis dato sehr selten geblieben sind. Bei Nîmes finden sich immerhin einige bemerkenswerte Flaumeichenwälder, im Norden im Bereich der Garrigues de Nîmes (Clos de Gaillard: Alter ca. 60-70 Jahre) und im Süden in den Costières (verschiedene Waldstücke im Alter von 60 bis 100 Jahren).

In der Regel dominieren auch im Bas-Languedoc weitestgehend degradierte Lithosole (soweit es überhaupt noch eine Bodenkrume gibt) mit sehr geringer Retentionsfähigkeit und kaum nennenswerter Boden-

fauna. Diese Bodendegradation ist die Folge jahrtausendelanger Bewirtschaftung durch den Menschen. Auf den verkarsteten Garriguesplateaus um Nîmes (Garrigues de Nîmes, Vauvage, Plateau de Langlade) weist diese Bodendegradation folgende Merkmale auf: Eine geringe oder fehlende Bodenaufgabe und damit verbunden eine äußerst verarmte Bodenfauna. Hinzu kommt, daß auf den verkarsteten Garriguesplateaus die Wasserversorgung der Vegetationsdecke weitgehend über die Retentionskapazitäten der Böden gesteuert wird (RUTTEN 1993). Diese ist entsprechend der geringen Bodenaufgabe klein, damit haben xerotherme Pflanzen in der Sukzessionsdynamik einen beachtlichen Wettbewerbsvorteil. RUTTEN (1993, 27) datiert den Beginn dieser durch Überweidung und von Starkregenereignissen bedingten massiven Bodendegradation auf ca. 4000 B. P., also in die Kupferzeit, während der im Bas-Languedoc ein beachtlicher Bevölkerungszuwachs erreicht wurde. Auf diesen äußerst degradierten Böden setzten sich in der ersten Generation, u. a. wohl durch die edaphische Trockenheit bedingt, immergrüne Eichen vom Typ *Quercus ilex* oder *Q. coccolifera* durch. Doch schon nach einigen Jahrzehnten der Akkumulation von organischer Substanz traten auch in diesen Gebieten, soweit es sich nicht um Trockeninseln handelt, sommergrüne mediterrane Laubbaumarten auf.

Im zeitlichen wie kleinräumlichen Wettbewerb von immergrünen und laubwerfenden Pflanzenbeständen ist die Rolle der Böden (im westmediterranen Raum) bisher kaum eingehend untersucht worden. Soweit den Verfassern bekannt ist, befaßt sich nur ein kleines Forschungsprojekt zum standortgerechten und feuertoleranten Waldbau auf degradierten Garriguesflächen unter der Leitung des Pedologen PIERRE RUTTEN mit der Bedeutung der Böden für die raumzeitliche Vegetationsdynamik, wobei dort vor allem die forstliche Bodenmelioration als Bedingung für einen feuertoleranten Waldbau im Vordergrund steht (vgl. RUTTEN 1992, 1993; Groupement Gardois pour le Développement forêstier 1994).

#### Neue Schemata zur Vegetationsukzession im Languedoc

Nach mehrjährigen Forschungsarbeiten im Raum Nîmes und unter Einbeziehung der vom CEF-CNRS in Montpellier gewonnenen Ergebnisse zur Vegetationsdynamik wird nunmehr versucht, ein Schema der Dynamik der Vegetation nach Aufgabe von landwirtschaftlicher Nutzung zu entwickeln. Im Vordergrund steht dabei ausdrücklich der Einfluß von Feuern als Steuerungsfaktor der Vegetationsdynamik. Vegetationsfeuer als solche werden explizit als natürliche Elemente des mediterranen Ökosystems betrachtet (vgl. u. a. GOLDAMMER 1995 sowie NEFF 1995), wobei allenthalben ab einer bestimmten Feuerfrequenz

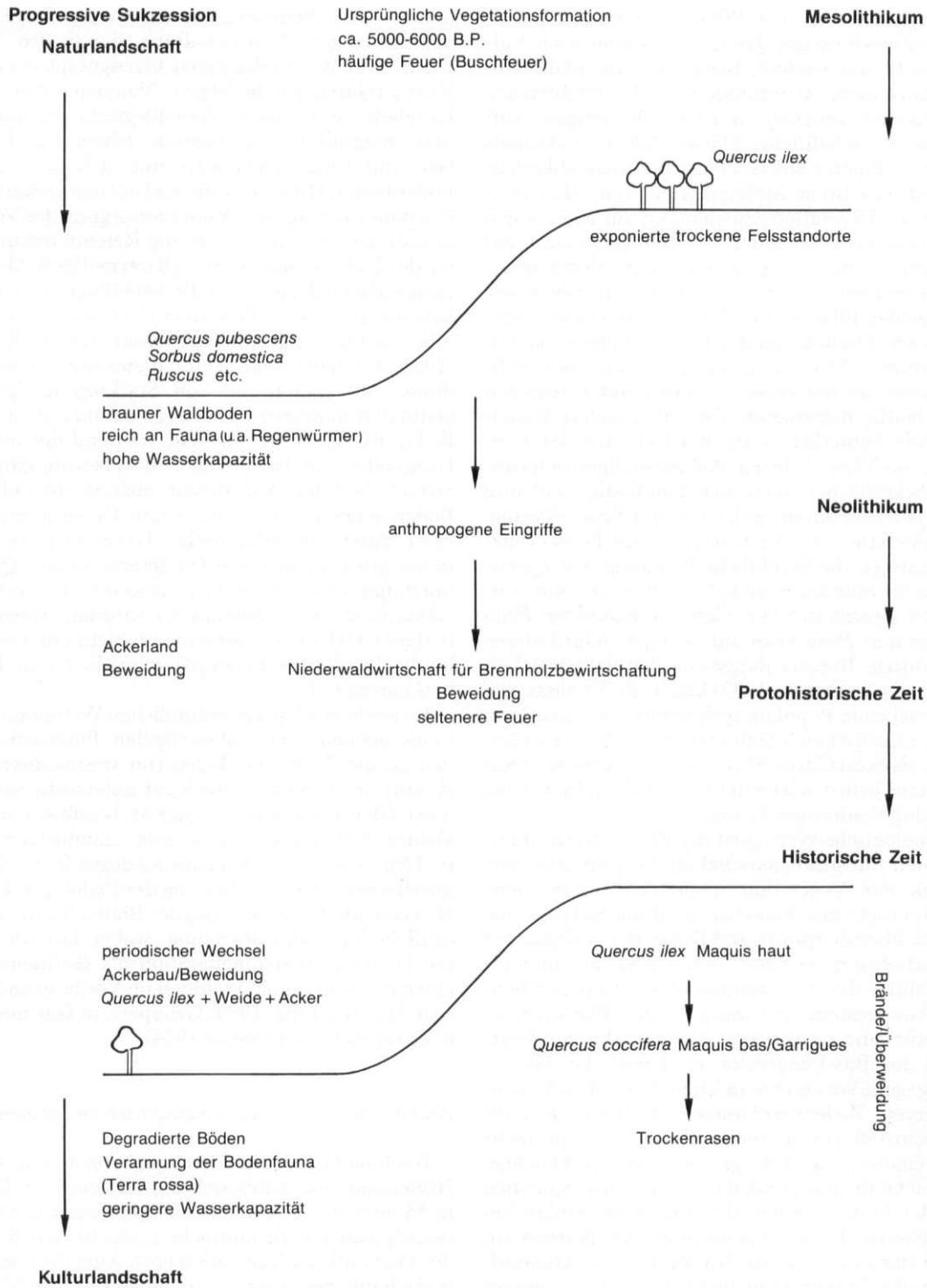


Abb. 3: Progressive Sukzession Naturlandschaft/Kulturlandschaft im Languedoc (Entwurf: FRANKENBERG/NEFF; Kartographie: MITLEHNER)

Progressive succession of the natural/cultural landscape in the Languedoc

anthropogen induzierte Feuer hinzukommen. Weiterhin soll anhand exemplarischer historischer Abschnitte bzw. Daten verdeutlicht werden, welche einschneidenden Auswirkungen geschichtliche Epochen und ihre Zivilisation und Kultur (einschließlich der damit verbundenen Landbautechnik) für die Vegetationsdecke und damit für das Landschaftsbild der westlichen Mittelmeerräume hatten.

Das Schema in Abb. 3 zeigt eine vereinfachte Tal-Hügellandschaft mit feuchteren Tallandschaften und trockeneren Felsstandorten auf den Hügeln. Um ca. 5000–6000 B. P. sind die feuchteren Täler mit sommergrünen Wäldern aus *Quercus pubescens*, *Sorbus domestica* und anderen sommergrünen Arten bewachsen. Diese sommergrünen Wälder stocken auf tiefgründigen braunen Waldbodentypen, die reich an Bodenfauna (z. B. Regenwürmern) sind und eine hohe Wasserkapazität besitzen. An den exponierten trockeneren Felsstandorten finden sich vornehmlich trockenstresstolerantere immergrüne Arten, wie u. a. *Quercus ilex*. Im Zuge der neolithischen Kulturrevolution werden die anthropogenen Eingriffe in die Landschaft immer stärker. Die tiefgründigeren Böden werden für den Ackerbau gerodet, die trockeneren Standorte zunehmend beweidet. Die protohistorischen Epochen gehen mit einem demographischen Zuwachs einher, dessen Folgen für die Vegetationsdecke mit dem Einsetzen der Metallverarbeitung und der dafür benötigten Energiezufuhr bis in die heutige Zeit anhalten. Zur Metallschmelze bedurfte es großer Holz- bzw. Holzkohlemengen. Die Steineiche (*Quercus ilex*) mit ihrem großen Stockausschlagpotential, das kurze Umtriebszeiten ermöglicht, war aufgrund ihres Regenerationspotentials als einer der wenigen Bäume diesem protohistorischen „Energiehunger“ langfristig gewachsen und konnte sich somit bis heute als dominante Baumart auf edaphischen Trockenstandorten behaupten. In der Übergangsphase protohistorische/historische Zeit, wahrscheinlich schon vor der römischen Kolonisation der Provincia Narbonensis, wurden die bestimmenden Elemente für das Landschaftsbild und die Vegetationsdecke bis zu Anfang dieses Jahrhunderts angelegt. Dieser bis ins jetzige Jahrhundert anhaltende Vorgang wurde nur durch die Einführung der römischen Plantagenkultur und die kriegerischen Umtriebe im Mittelalter und in der Neuzeit (Völkerwanderung, Kreuzzüge, Albigenserkriege, Religionskriege) geringfügig modifiziert.

In den fruchtbaren Tiefländern wurde Ackerbau in Form der mediterranen Triade mit transhumanter Schafhaltung und Niederwäldern zur Energieversorgung betrieben. Trockenere Hügel und Gebirgszüge wurden auch als mediterrane Terrassenkulturen bzw. Niederwaldwirtschaft zur Brennholzversorgung und transhumanter Schafhaltung genutzt. In den Tieflagen sowie in den Terrassenkulturen der Gebirgszonen kam es zu einer weitflächigen Degradation der

Böden, Verarmung von Bodenfauna und Verschlechterung der Wasserretentionskapazität, die der weitflächigen Erosion Vorschub leistete.

Durch die menschlichen Eingriffe, sei es durch Ackerbau, Beweidung oder Brennholzbewirtschaftung, wurde sowohl in den Ebenen als auch in den Gebirgsräumen die Biomasse so konsequent niedrig gehalten, daß Vegetationsfeuer, abgesehen von Clearingfeuern für die Weidewirtschaft, aufgrund der fehlenden Akkumulation von trockener Biomasse in der Regel kaum noch entstehen konnten. Dafür wurden durch die Freilegung der Bodenkrume durch Ackerbau und Überweidung weitflächige Erosion und Abschwemmung von Oberboden gefördert, eine pedologische Aridisierung eingeleitet, die wiederum langfristig die noch verbleibenden *Quercus ilex*-Populationen in ihrer Dynamik verstärkten.

Die Vegetationssukzession als Folge der Kulturlandschaftsaufgabe ist in Abb. 4 dargestellt. Die regressivere Entwicklung setzte erst Anfang/Mitte dieses Jahrhunderts ein. Der Mensch begann sich infolge der fortschreitenden Industrialisierung immer mehr aus dem Raum zurückzuziehen, wobei in erster Linie periphere Gebirgsräume zuerst verlassen wurden. Doch schon in der Zwischenkriegszeit wurden auch tiefergelegene Landstriche von diesen Rückzugsprozessen erreicht. Diese Entwicklung verstärkt sich nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges, wobei der Vertrag von Evian (Ende des Algerienkriegs, 18. 3. 1962) für den südfranzösischen Raum das entscheidende Datum ist. Die durch den Vertrag von Evian besitzlos gewordenen Algerienfranzosen (Pieds noirs) wurden in den sechziger und frühen siebziger Jahren mittels großzügiger Subventionen, aber auch großflächiger Meliorationsmaßnahmen wie Bewässerung und Flurbereinigung, in den küstennahen Regionen des Midi angesiedelt (vgl. u. a. PLETSCH, 1977). Gleichzeitig entstanden durch den beginnenden Massentourismus weitere Attraktionspole an den Küsten, so daß sich als Folge von küstennahen Intensivkulturen, Badetourismus und anderen soziokulturellen Faktoren die mediterranen Hinterländer sowohl im Tieflandbereich als auch in den Gebirgsgebieten regelrecht entleerten. Die Folgen dieser sukzessiven Entleerung des Raumes für die Vegetationsdecke zwischen Cevennen und Nîmes liegen dem erarbeiteten Schema zugrunde. In den tieferen Lagen bzw. Gegenden mit tiefgründigeren Böden stellten sich nach Durchlaufen mehrerer Stadien nach der Landaufgabe Unkrautstadien, Cistus-Stadien, immergrünes Eichenstadium und, soweit man die Entwicklung heute schon abschließend beurteilen kann, Eichenmischwälder mit sommer- und immergrünen Eichen ein, wobei, wie im Text schon mehrfach erwähnt, durchaus Beispiele für reine *Quercus pubescens*-Wälder in der Gegend von Nîmes (vgl. Abb. 1) zu finden sind. Durch Vegetationsfeuer kann die Entwicklung – je nach Feuerintensität und Feuerfrequenz –

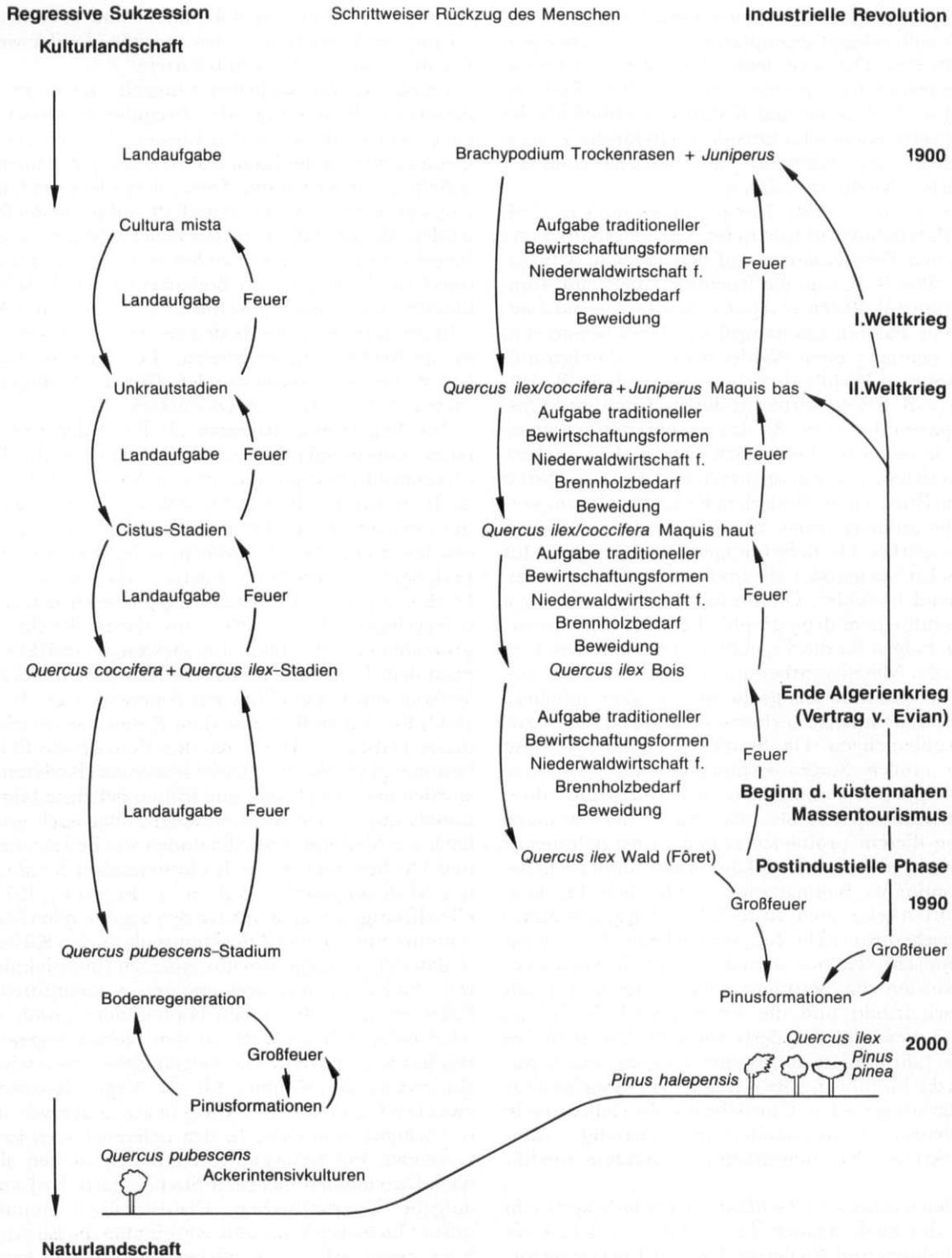


Abb. 4: Regressive Sukzession Kulturlandschaft/Naturlandschaft im Languedoc (Entwurf: NEFF/FRANKENBERG; Kartographie: MITLEHNER)  
Regressive succession of the cultural/natural landscape in the Languedoc

umgekehrt, gehemmt oder gefördert werden. Hierbei ist anzumerken, daß regelmäßige, aber nicht zu häufige Buschfeuer die Entwicklung in einen sommergrünen Eichenwald regelrecht fördern können.<sup>2)</sup>

Ähnliche Prozesse löste der Rückzug des Menschen in den Gebirgsräumen aus. Mit der Aufgabe der mediterranen Triade sowohl in der Ebene als auch in den Gebirgslagen kam die transhumante Schafhaltung mehr und mehr zum Erliegen, gleichzeitig erlosch auch die Niederwaldbewirtschaftung zur Versorgung der Köhlereien und des unmittelbaren Brennholzbedarfs. Es kam zu einer flächenhaften Verbuschung der Landschaft, ein Vorgang, der zwar durch die immer wieder auftretenden Wald- und Buschbrände aufgehalten und verzögert, aber niemals gestoppt wurde. Soweit es sich um Gebiete mit mediterranem Klima handelt und diese Standorte sowohl expositionsbedingt als auch pedologisch als relativ trocken anzusehen sind, setzt sich die wesentlich trockenresistentere *Quercus ilex* durch. Die Steineiche hat in diesen Lagen einen quasinatürlichen Standortvorteil, weil sie durch die Niederwaldwirtschaft – gekoppelt mit Buschweide (Waldweide) – an diesen Standorten schon immer vorhanden war. Andere Baumarten haben, soweit es nicht zu einer allmählichen Bodenregeneration und damit bedingt zu einer kontinuierlichen Wasserversorgung kommt, kaum eine Wettbewerbschance, außer es treten Waldbrände auf. Durch Waldbrände können in der Regel lichtbedürftigere Arten wie *Pinus pinea* und *Pinus halepensis* und in *Quercus ilex*-Buschwäldern schon vorhandene *Quercus pubescens*-Bestände gefördert werden. Regelmäßige Feuer in ca. 15jährigem Abstand mit mittlerer Intensität gewähren Flaumeichenbeständen gegenüber immergrünen Eichen einen Wachstumsvorteil. Während *Quercus ilex* nach Feuern mittlerer Intensität immer aus dem Wurzelstock neu austreibt, können die durch eine dickere Borke geschützten Flaumeichen (*Quercus pubescens*) aus dem verbleibenden Baumgerippe frisch austreiben und dank der weit größeren Blattfläche eine entsprechend höhere Assimilationsleistung erbringen als die aus dem Stock ausschlagenden Steineichen. Die Flaumeichen, obwohl nicht mit einer gar so dicken Borke ausgestattet wie die Korkeichen (*Quercus suber*), erweisen sich dadurch als durchaus feuertolerant. Sehr feuertolerant sind dagegen die Korkeichen, die ausschließlich auf silikatischem Substrat wachsen und ein erhebliches Regenerationspotential nach sogenannten Feuerkatastrophen entwickeln. So haben sich die Korkeichenwälder in den Maures nach der Feuerkatastrophe in Colobrières 1990, bei der über 10 000 ha Wald in Flammen standen, überraschend schnell erholt – schon 1992 waren die dortigen Korkeichenwälder wieder grün (NEFF 1993).

<sup>2)</sup> Mündliche Mitteilung P. RUTTEN an die Verfasser, Mai 1994.

Langanhaltende Phasen ohne Feuer, wie sie bei der massiven Entleerung der ländlichen Räume durchaus die Regel sind, bergen, bei fehlender Biomassenreduktion durch den Menschen in Form forstlicher Maßnahmen (Durchforsten), dagegen die Gefahr von unbeherrschbaren Feuerkatastrophen. Durch solche Feuer werden die Koniferen vom Typ *Pinus halepensis* (Kalk) und *Pinus maritima* (Silikat) in Übermaßen gefördert. Die entstandenen Koniferenwälder sind ihrerseits sehr feuergefährdet.

Rechenmodelle von Waldbrandfolgegesellschaften sind sehr schwierig aufzustellen, da diese weitestgehend eine Funktion von Feuerintensität (Fläche × Hitze × Branddauer), Feuerfrequenz, vorhergehendem Vegetationstyp und Substrat sind, wobei die Feuerintensität und Feuerfrequenz die ausschlaggebenden Faktoren darstellen. Die meisten derzeit in Diskussion befindlichen Modelle von Feuersukzessionen im Mittelmeerraum sind in der Regel Ableitungen des hier (s. o.) beschriebenen Ansatzes von TRAUBAUD (1980) und beinhalten zum überwiegenden Teil graphische Darstellungen oder rein deskriptive Ansätze. Auch das von HÖLLERMANN (1995) in Anlehnung an das Standortregelkreismodell von MOSIMANN (1984) entwickelte Erklärungsmodell der Feuerentwicklung auf den Kanarischen Inseln überschreitet die graphisch-funktionelle Analyseebene nicht. Eine Ausnahme hiervon bildet lediglich das der „fuzzy-logic“ entnommene Modell von NAVEH (1990) zur Berechnung von Perturbationszyklen durch Feuer in mediterranen Ökosystemen, wobei auch hier das Problem der Feuerfolgegesellschaften völlig ausgeblendet bleibt. Die Verfasser sind gerade dabei, die ersten Schritte für ein Forschungsvorhaben einzuleiten, an dessen Ende erste numerische Modelle zur Berechnung der Länge von Perturbationszyklen, Biomassenakkumulation und CO<sub>2</sub>-Abgaben durch natürliche und anthropogene Feuer sowie die dadurch bedingten Sukzessionsprozesse der Vegetation im Mittelmeerraum stehen sollen. Als Prädiktoren in einem derartigen Modell sollen die Rate der Biomassenakkumulation versus anthropogener Biomassenreduktion durch Clearingfeuer und Brennholzentnahmen in mindestens zwei Zeitscheiben (Neolithikum, Bronzezeit) herangezogen werden.

Generell gilt festzuhalten, daß das Feuer sowohl in der Ebene als auch in den Gebirgslagen nach dem fortwährenden Rückzug des Menschen aus dem Raum wieder seine ursprüngliche Rolle, nämlich die der Reduktion der trockenen Biomasse, der „masse combustible“, übernimmt. Diese Funktion hatte der Mensch während ca. 4000 Jahren Kulturlandschaftsentwicklung durch Ackerbau, Beweidung und Niederwaldwirtschaft erfolgreich übernommen. Dieser Erfolg hatte jedoch teilweise katastrophale Folgen für die Naturlandschaft – man denke nur an die massive Bodendegradation und Bodenerosion.

Abgesehen von der Reduktion der trockenen Biomasse durch natürliche Feuer, haben Wald und Buschbrände unter natürlichen bzw. naturnahen Bedingungen im Mittelmeerraum eine wichtige ökologische Funktion, der Biomassenumsatz wird beschleunigt, aber auch andere Stoff- und Energieflüsse werden einer teilweise erheblichen Dynamik ausgesetzt. Ähnliches gilt nach HÖLLERMANN (1995) auch für die Kanarischen Inseln, das Feuer wird als wichtiger landschaftsökologischer Faktor bezeichnet. Gleich wie auf den Kanaren, wird die anthropogene Biomassenreduktion in den südfranzösischen Garrigueslandschaften im Sinne eines landschaftsökologischen Landmanagements vor allem als sozioökonomisches Problem wirksam. Traditionelle Bewirtschaftungsweisen sind kaum finanzierbar, moderne feuerökologische Werkzeuge wie das „controlled bzw. prescribed burning“ zur Reduktion der Biomasse aus soziokulturellem Hintergrund kaum durchsetz- bzw. durchführbar. Die Feuerproblematik der französischen Garrigueslandschaften ist emotional hochgradig (negativ) belegt, eine sachliche Diskussion über den Einsatz von kontrollierten Feuern im Sinne einer ökologischen Biomassenreduktion ist vor solch einem Hintergrund kaum noch möglich.<sup>3)</sup>

Die Verfasser betonen, daß die von HEMPEL (1990) getroffenen Aussagen zum Kulturlandschaftswandel in der Ostmediterraneis sich keinesfalls auf den westlichen Teil des Mittelmeerraumes übertragen lassen. Den Wandel von sommergrünen laubwerfenden Wäldern „submediterranen“ Types zu immergrünen „mediterranen“ Steineichenwäldern unikausal als Folge einer Klimaänderung zu interpretieren, ist angesichts der im westlichen Mittelmeerbogen schon damals bedeutenden Siedlungstätigkeit nicht plausibel. Hier sei nochmals auf den aktuellen internationalen Forschungsstand verwiesen. Die schon im Text vorab zitierten Ausführungen von REILLE und PONS (1992) für den gesamten westlichen Mittelmeerbogen sowie die Arbeiten von HEINZ et al. (1993), die sowohl die Konkurrenzsituation von laubwerfenden Phanerophyten gegenüber *Quercus ilex* und *Buxus sempervirens* während des Neolithikums (unter Berücksichtigung der Bedeutung von Steineiche und Buchsbaum für die Brennholzbewirtschaftung) als auch die Versorgung mit Viehfutter (Fourrage) im französischen Mittelmeerraum durchleuchten.

Für die Gegend um Nîmes waren die menschlichen Eingriffe um ca. 5500 B. P. schon viel zu nachhaltig, um eine Interpretation, wie sie HEMPEL für die Ostmediterraneis trifft, auch nur im Ansatz zu ermöglichen. Nach ROGER (1988b, 314–316) müssen in der südwestlich von Nîmes gelegenen ca. 75 km<sup>2</sup> großen Vaunage im Chasséen (5500 B. P.) ca. 1000–1500 Menschen gelebt haben. In seinen Berechnungen zur demographischen Tragfähigkeit der Vaunage geht er davon aus, daß fast die gesamte Fläche dieses Landschaftsteiles mehr oder weniger intensiv zur Nah-

rungsmittelproduktion genutzt wurde. Diese Berechnungen beinhalten noch nicht einmal den Brennholzbedarf zur Nahrungszubereitung. Nach den Angaben von HEINZ et al. (1993), die sich auf die Berechnungen von CASSAGNE (1987) stützen, kann man von einem jährlichen pro Kopf-Verbrauch von ca. 500 kg Brennholz ausgehen. Für die Vaunage ergibt sich damit ein jungsteinzeitlicher Brennholzbedarf von ca. 500 t; selbst bei einem wesentlich niedriger geschätzten Brennholzbedarf überschreitet die benötigte Brennholzmenge die 100 t-Grenze. Diese Zahlen verdeutlichen recht anschaulich die Nachhaltigkeit menschlicher Eingriffe während des Chasséen in der Gegend um Nîmes. Die Interpretation, die HEMPEL (1990) für Griechenland und die Ostmediterraneis gibt, ist insofern in Frage zu stellen, als dort die protohistorische Metallurgie ungefähr zeitgleich einsetzte und für die Metallschmelze erheblich mehr Brennholz benötigt wurde als zum bloßen Kochen, also entsprechend mehr Fläche für das Gewinnen von Energie in Form von Brennholz benötigt wurde. Hier sei nur auf RIEDL (1986) verwiesen, der, ohne genaue quantitative Aussagen zu machen, von nachhaltigen Eingriffen in das Pflanzenkleid der Kykladen als Folge des frühbronzezeitlichen Bergbaues (ca. 5000 B. P.) spricht. Auch bei JAHNS (1991) wird die Möglichkeit von anthropogen beeinflussten sommergrünen, lichten Eichenwäldern um 4700 B. P. im ostmediterranen Raum andiskutiert. Dies schließt klimageschichtliche Vorgänge keinesfalls aus, es stellt sich nur die Frage, inwiefern die menschlichen Eingriffe schon damals nachhaltig genug waren, um natürliche Vorgänge zu überlagern. In den südfranzösischen Garrigueslandschaften um Nîmes war der demographische Druck um ca. 5000 B. P. wahrscheinlich schon groß genug, um zu einem nachhaltigen Faktor der Landschaftsgestaltung zu werden. Mehr Klarheit in diesen Fragen läßt sich vorerst nicht gewinnen. Die Verfasser erhoffen sich von den oben angesprochenen numerischen Modellen zur Prozeßökologie präzisere quantitative Angaben zum Kulturlandschaftswandel im Mittelmeerraum.

Die Verfasser werden die in dieser Mitteilung angeschnittenen Forschungsergebnisse eigener Arbeiten aus dem Raum Nîmes und deren Einbettung in den international relevanten Kenntnisstand weiter vertiefen. Dabei sollen Problemkreise wie Konkurrenzverhältnisse nach Brand, die Bedeutung von Feuerfrequenz und der Feuerintensität für Folgegesellschaften sowie die Rolle ur- und frühgeschichtlicher Besiedlung für den Landschaftshaushalt, insbesondere für die Vegetationsdecke, detaillierter erarbeitet werden.

<sup>3)</sup> Mündliche Mitteilung E. LE FLOC'H und L. TRABAUD (CNRS-CEF Montpellier) an C. NEFF im Rahmen eines Forschungsgespräches über die Möglichkeiten ökologischer Biomassenreduktion in den Garrigueslandschaften zwischen Montpellier und Nîmes, März 1995.

## Literatur

- BARBERO, M., LOISEL, R. a. QUEZEL, P. (1992): Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. In: ROMANE, F.; TERRADAS, J. (Ed.): *Quercus ilex* L. ecosystems: function, dynamics and management. *Advances in Vegetation Science* 13, Dordrecht, 19-35.
- BAZILLE-ROBERT, E. (1980): Premiers données sur la végétation tardiglaciare de la moyenne vallée de l'Herault, d'après l'analyse anthracologique. In: *Bulletin de la Soc. Ét. Sc. Nat. Nîmes* T. 56, 5-14.
- (1981): Flore et végétation des Gorges du Gardon à la moyenne vallée de l'Herault de 40 000 à 9500 B. P. - approche paleoécologique. In: *Paleobiologie continentale* XII n. 1, 79-90.
- (1987): Végétation pré-neolithiques d'après l'anthracologie de sites préhistoriques du Sud de la France. In: VERNET, J.-L., GUILAINE, J., COURTIN, J. a. ROUDIL, J.-L. (Ed.): *Premières communautés paysannes en méditerranée occidentale - Actes du Colloques Internationale du CNRS (Montpellier 26-29 avril 1983)*, Paris, 81-85.
- BOUTIÉ, P. a. UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY, MONTPELLIER III. (Ed.) (1988): *Le chasséen en Languedoc oriental - Hommages à Jean Arnal - Actes de Journées d'Études Montpellier*, 25, 26 et 27 octobre 1985, Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1936): *La Forêt d'Yeuse languedocienne. (Quercion ilicis) Monographie phytosociologique et forestière. Memoires de la Société d'Études des Sciences Naturelles de Nîmes. N. 5, Nîmes-Montpellier.*
- CASSAGNE, B. (1987): *Le problème du bois de feu dans les villes d'Afrique tropicale. Le cas de Bangui. (RCA). Thèse d'Université, USTL Montpellier, Montpellier.*
- CASTRI, F. DI et al. (Ed.) (1981): *Mediterranean-Type Shrublands. Ecosystems of the World* 11, Amsterdam.
- DARRACO, S., GODRON, M. a. ROMANE, F. (1984): *Typologie forestière de la région des Garrigues du Gard. Nancy.*
- EVIN, J. (1988): *Les Datations 14 C et la durée en temp reel du chasséen en Provence et en Languedoc.* In: BOUTIÉ, P. a. UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY, MONTPELLIER III. (Ed.) (1988): *Le chasséen en Languedoc oriental - Hommages à Jean Arnal - Actes des Journées d'Études Montpellier*, 25, 26 et 27 octobre 1985, Montpellier, 339-345.
- FLAHAUT, CH. (1937): *La Distribution Géographique des Végétaux dans la Région Méditerranéenne Française. (Oeuvre posthume publiée par H. Gaussen) Paris.*
- GOLDAMMER, J. G. (1995): *Vegetationsbrände: Auswirkungen auf Ökosysteme, Atmosphäre und Klima.* In: *Die Erde* 126, 35-51.
- GOLDAMMER, J. G. a. JENKINS, M. J. (Ed.) (1990): *Fire in ecosystems dynamics - Mediterranean and Northern Perspectives.* The Hague.
- GROUPEMENT GARDOIS POUR LE DÉVELOPPEMENT FORESTIER (Ed.) (1994): *Le Sylvetum de Clos-Gaillard. Nîmes.*
- HEINZ, C., THIEBAULT, S. a. VERNET, J. L. (1993): *Gestion et dégradation de la forêt préhistorique méditerranéenne.* In: BLANCHET, C. et al.: *Le Néolithique au quotidien. Actes du XVI colloque interrégional sur le Néolithique (Paris, 5 et 6 novembre 1989).* *Documents d'Archéologie française* N. 39, Paris, 11-18.
- HEMPEL, L. (1990): *Klima - und Landschaftsgenese der östlichen Mediterraneis im Jungquartär.* In: EHLERS, E. (Hg.): *Philippson-Gedächtnis-Kolloquium* 13. 1. 1989. *Colloquium Geographicum* 20, Bonn, 59-83.
- HÖLLERMANN, P. W. (1993): *Fire ecology in the Canary Islands and Central California - a comparative outline.* In: *Erdkunde* 47, 177-184.
- (1995): *Wald- und Buschbrände auf den westlichen Kanarischen Inseln. Ihre geökologischen und geomorphologischen Auswirkungen. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse, Dritte Folge Nr. 46, Göttingen.*
- JAHNS, S. (1991): *Untersuchungen über die holozäne Vegetationsgeschichte von Süddalmatien und Südgriechenland. Dissertation Math.-Nath. Fak. Georg-August-Universität zu Göttingen, Göttingen.*
- KLINK, H. J. u. MAYER, E. (1983): *Vegetationsgeographie.* Braunschweig.
- MARCELLIN, P. (1971): *Introduction à une histoire de la garrigue nîmoise.* In: *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Nîmes et du Gard. T. LI, Nîmes*, 205-266.
- MOSIMANN, T. (1984): *Landschaftsökologische Komplexanalyse.* Stuttgart.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (1981): *Die Landschaftsgürtel der Erde. 2. durchgesehene Auflage.* Stuttgart.
- (1991): *Der Mittelmeerraum - ein vegetationsgeographischer Überblick.* In: *Geographische Rundschau* 43, 402-416.
- NAVEH, Z. (1990): *Fire in the Mediterranean - a landscape ecological perspective.* In: GOLDAMMER, J. G. a. JENKINS, M. J. (Ed.): *Fire in ecosystems dynamics - Mediterranean and Northern perspectives.* The Hague, 1-20.
- NEFF, C. (1988): *Biographie der Basse-Provence unter besonderer Berücksichtigung von Klima und Vegetation.* In: BENDER, R. J. u. HAHN, B. (Hg.): *Tourismus und Marketing, Mannheim*, 29-50.
- (1993): *Waldbrände in mediterranen Garrigueslandschaften: Methoden der Risikoabschätzung des Gefährdungspotentials - Beispiele aus der Vaunage (Südfrankreich).* (Unveröffentlichte Diplomarbeit) Mannheim.
- (1995): *Feux de forêts dans les paysages de Garrigues méditerranéennes, méthodes d'évaluation des risques du potentiel dangereux, exemple de Vaunage (Midi Français).* In: *Bulletin de la Soc. Ét. Sc. Nat. Nîmes et Gard* T. 60, 58-65.
- NEFF, C. u. FRANKENBERG, P. (1995). *Premiers résultats d'analyse phytogéographique en Costière (Gard/France).* In: *Bulletin de la Soc. Ét. Sc. Nat. Nîmes et Gard* T. 60, Nîmes 30-45.
- PHILIPPS, P. (1988): *Aspects de la civilisation chasséen.* In: BOUTIÉ, P. a. UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY, MONTPELLIER III. (Ed.) (1988): *Le chasséen en Languedoc oriental - Hommages à Jean Arnal - Actes des Journées d'Études Montpellier*, 25, 26 et 27 octobre 1985, Montpellier, 285-288.
- PLETSCH, A. (1976): *Moderne Wandlungen der Landwirtschaft im Languedoc. Entwicklungstendenzen in einem wirtschaftlichen Schwächeraum Frankreichs im Rahmen der „régionalisation“.* *Marburger Geographische Schriften* 70, Marburg.
- (1977): *Die Entwicklung des Sonderkulturausbaues im Languedoc/Südfrankreich nach dem Zweiten Weltkrieg.* In: *Erdkunde* 31, 288-299.
- REILLE, M. a. PONS, A. (1992): *The ecological significance of sclerophyllous oak forests in the western part of the*

- Mediterranean basin: a note on pollen analytical data. In: ROMANE, F. a. TERRADAS, J. (Ed.): *Quercus ilex L. ecosystems: function, dynamics and management*. Advances in Vegetation Science 13, Dordrecht, 13-17.
- RICHTER, M. (1989): Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung und zum Standortwechsel auf Weinbrachen. *Braun-Blanquetia* Bd. 4, Camerino-Bailleul.
- RIEDL, H. (1986): Die Kykladen als zentraler und peripherer Lebensraum in Vorgeschichte und Antike. In: EICHER, H. (Hg.): *Festschrift für Wilhelm Leitner zum 60. Geburtstag*. Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz 27, Graz, 165-176.
- RIKLI, M. (1943-48): *Das Pflanzenkleid der Mittelmeerlande*. (3 Bände). Bern.
- ROGER, J. M. (1988a): Esquisses de modèles économiques à propos des chasséens de la Vaunage (Gard). In: BOUTIÉ, P. a. UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY, MONTPELLIER III. (Ed.): *Le chasséen en Languedoc oriental - Hommages à Jean Arnal - Actes des Journées d'Études Montpellier*, 25, 26 et 27 octobre 1985, Montpellier, 327-336.
- (1988b): Un aspect de l'économie des néolithiques en Languedoc Oriental. Contribution à la problématique du Puech de la Fontaine (Congénies, Gard). In: BOUTIÉ, P. a. UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY, MONTPELLIER III. (Ed.): *Le chasséen en Languedoc oriental - Hommages à Jean Arnal - Actes de Journées d'Études Montpellier*, 25, 26 et 27 octobre 1985, Montpellier, 289-321.
- ROMANE, F. a. TERRADAS, J. (Ed.) (1992): *Quercus ilex L. ecosystems: function, dynamics and management*. Advances in Vegetation Science 13, Dordrecht.
- RUTTEN, P. (1992): Note sur le Sapin de Céladophonie dans la Garrigue nîmoise. In: *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Nîmes et du Gard* T.59, Nîmes, 5-6.
- (1993): Propositions pour la Garrigue - plaidoyer pour une forêt tolérante au feu. Nîmes.
- SCHMITHÜSEN, J. (1934): Zur Vegetationskunde und Bodenkunde Südfrankreichs und des östlichen Spanien. In: *Geographische Zeitschrift* 40, 409-422.
- SCHÜLE, W. (1990): Landscape and Climate in Prehistory: Interactions of Wildlife, Man, and Fire. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.): *Fire in the Tropical Biota. Ecosystem Processes and Global Challenges*, Berlin, 273-318.
- SCHULTZ, J. (1988): *Die Ökozonen der Erde*. Stuttgart.
- THIRGOOD, J. V. (1981): *Man and the Mediterranean Forest - a history of resource depletion*. London.
- TRABAUD, L. (1980): Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du Bas-Languedoc. Diss. (Thèse d'état-mention sciences) Montpellier Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- (1981): Man and fire: impacts on mediterranean vegetation. In: CASTRI, F. DI et al. (Ed.): *Mediterranean - Type Shrublands*. Amsterdam, 523-537.
- (1990): Fire resistance of *Quercus coccifera* L. Garrigue. In: GOLDAMMER, J. G. a. JENKINS, M. J. (Ed.): *Fire in ecosystems dynamics - Mediterranean and Northern perspectives*. The Hague, 21-32.
- (1991): Fire regimes and phytomass growth dynamics in a *Quercus coccifera* garrigue. In: *Journal of Vegetation Science* 2, 307-314.
- (1992): *Les Feux de Forêts, mécanismes, comportement et environnement*. Paris.
- TRABAUD, L., LACAZE, B., BOULET, C., ETIENNE, M., FULCRAND, B., JACQUINET, J. C. a. KELLY, D. (1973): Notice des cartes à grande échelle des formations combustibles du département de l'Herault. CNRS-CEP Document N. 68, Montpellier.
- VERNET, J.-L. (1988): Les charbons de Bois et le milieu végétal préhistorique. In: BOUTIÉ, P. a. UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY, MONTPELLIER III. (Ed.): *Le chasséen en Languedoc oriental - Hommages à Jean Arnal - Actes des Journées d'Études Montpellier*, 25, 26 et 27 octobre 1985, Montpellier, 367-371.
- (1991): L'histoire du milieu méditerranéen humanisé révélée par les charbons de bois. In: GUILAINE, J. (Ed.): *Pour une Archéologie agraire*. Paris, 369-408.
- WALTER, H. (1990): *Vegetation und Klimazonen. Grundriß der globalen Ökologie*. (Sechste verbesserte Auflage) Stuttgart.

## MAPPING THE GLACIERS OF MOUNT KENYA IN 1947

With 3 figures, 4 tables and 1 supplement (IX)

RAOUF S. ROSTOM and STEFAN HASTENRATH

Dedicated to ROBERT A. CAUKWELL

*Zusammenfassung:* Kartierung der Gletscher des Mount Kenya 1947

Die Karte der Mount Kenya Gletscher 1947 basiert auf einer Auswertung von Luftbildaufnahmen vom Februar 1947 in Kombination mit dem Netz von Bodenkontrollpunkten, das für die aerophotogrammetrischen Kartierungen im September 1987 und September 1993 ausgelegt wurde. Zwischen 1947 und 1987 reduzierte sich die eisbedeckte Fläche um 379 000 m<sup>2</sup>, das Volumen um 6 930 000 m<sup>3</sup> und die Mächtigkeit um durchschnittlich 8,6 m, das entspricht einer Abnahme um 0,2 m/Jahr und einer entsprechenden Abschmelzenergie von 2 W/m<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu betrug

die Abnahme im Zeitraum 1987 bis 1993 1 m/Jahr und die Abschmelzenergie 10 W/m<sup>2</sup>. Das weist auf eine Verstärkung der klimatischen Ursachen in den letzten Jahren hin.

### 1 Introduction

The glaciers of Mount Kenya and their relation to climatic change have been the object of our research since the early 1970's (HASTENRATH 1984, 1991). For the largest, the Lewis Glacier, this has included the