

2000	Margraf (Hrsg.): Arbeitskreis Theorie und Quantitative Methoden in der Geographie	13. Deutschsprachiges Kolloquium Augsburg, 23.-26.02.2000	1-8
------	---	--	-----

Christophe Neff

## **Simulation und Realität - Vergleich der 1998 im Rahmen von MEDGROW durchgeführten Exoten-Aufforstungssimulation (*Acacia dealbata*) „Roc de Gachonne“ mit den realen Verhältnissen am Roc de Gachonne (Dept. Gard/Südfrankreich) im Januar 2000<sup>1</sup>**

### **Keywords**

Ecological modelling, validation, *Acacia dealbata*, MEDGROW, Reforestation, Mediterranean Vegetation, Roc de Gachonne (France Dept. Gard.)

### **Schlüsselworte:**

Ökologische Modelle, Validierung, *Acacia dealbata*, MEDGROW, Aufforstung, Mittelmeervegetation, Roc de Gachonne (Frankreich Dept. Gard.)

### **Abstract**

In the first part a short discussion about the problem of the validation of ecological model is presented. In the second part a MEDGROW Simulation of a *Acacia dealbata* reforestation at Roc de Gachonne (Vaunage Dept. Gard/France) is compared to the real situation there. There are following results:

1. *Acacia dealbata* is growing not far away from here northern climatological borderline, and most of the *Acacia dealbata* did not survive, mostly in topoclimatological unfavourable situation. As the ground climatology is not considered in MEDGROW – there was no frostmortality simulated.
2. In Situation, where *Acacia dealbata* survived (mostly on the top of the Roc de Gachonne) their height growth was considerably underestimated by the simulation. (279 cm mean height for the simulated *Acacia dealbata*, 408 cm mean height for the measured *Acacia dealbata* at the Roc the Gachonne in March 2000)

### **Résumé**

Dans la première partie une petite discussion sur le problème de la validation de modèle de simulation écologique est présentée. Dans la deuxième partie une simulation MEDGROW d'un programme de reforestation avec *Acacia dealbata* est comparée avec la situation réelle sur le terrain. Voici les principaux résultats.

1. *Acacia dealbata* n'est pas loin de sa frontière climatologique, beaucoup de *Acacia dealbata* n'ont pas survécu, surtout dans des situations topo - climatologiques défavorables. Comme le topo climat n'est pas pris en compte dans MEDGROW la mortalité due au gel n'a pas pu être simulée par MEDGROW.
2. Dans les cas où *Acacia dealbata* a survécu (surtout sur la partie sommitale du Roc de Gachonne) la croissance en hauteur de *Acacia dealbata* était considérablement sous-estimée par les simulations (279 cm hauteur en moyenne pour les *Acacias dealbata* simulé, 408 cm de hauteur pour les *Acacia dealbata* mesurés sur le Roc de Gachonne en mars 2000)

---

<sup>1</sup> Vortrag anlässlich des 13. Deutschsprachigen Kolloquium für Theorie und Quantitative Methoden in der Geographie in Augsburg, Februar 2000

## 1. Validierung von ökologischen Modellen – ein diskussionsartiger Überblick

Modellierung und Simulation sind zu einem wichtigen methodischen Werkzeug in der Ökologie geworden. Einerseits werden Modelle geschaffen um Erkenntnisse über ökologische Prozesszusammenhänge zu gewinnen, andererseits versucht man an Hand von Simulationen Vorstellungen von zukünftigen Prozessabläufen zu gewinnen. Simulation werden zunehmend zur Prognose von Prozessen und Zuständen benutzt. Ein sehr bekanntes Beispiel dafür sind die Prognosen zum befürchteten anthropogen bedingten Klimawandel, wobei es sich hier streng genommen um Klimamodelle handelt. In der Klimafolgenforschung, international auch als Impact modelling bezeichnet, werden hingegen in immer stärkerem Maße landschaftsökologische Modelle verwendet. Aber auch in der Erosionsforschung, Naturkatastrophenforschung (Überschwemmungen, Waldbrandrisiken) kommen landschaftsökologische Modelle bzw. ihre Derivate in größerem Umfang zur Anwendung. All diese Modelle bzw. Simulationsmodelle haben ein großes Problem, sie lassen sich nur sehr schwerlich validieren. Nach RYKIEL 1996 ist die strenge Validierung von Ökosystemmodellen ein noch weitgehend ungelöstes Problem. Dies gilt in ganz besonderem Maße für die globalen Vegetationsmodelle der Klimafolgenforschung. „...given only one planet, no two sites with strictly replaceable conditions occur, so there are severe limitations for the databases available to any one of these components.“ (CRAMER 1997, S. 277)

Aus technischen Gründen, aber auch auf Grund raum-zeitlicher Probleme, eignet sich das klassische naturwissenschaftliche Experiment zur Validierung dieser Modelle kaum (vgl. NEFF 2000; SCHWARZ 1999). Bei Modellen, die Prozesse von langlebigen biologischen Lebenszyklen simulieren, eignet sich auch das Beobachten von realen Prozessen nur bedingt, vor allem dann wenn wie z.B. bei Bäumen, der Lebenszyklus durchaus multisäkular sein kann.

Dennoch sollte versucht werden, die Validierung von landschaftsökologischen Modellen zu forcieren. Unabhängig davon, ob diese Modelle nur zu „Prognosezwecken“ oder zur Erweiterung von theoretischen Zusammenhängen dienen, oder gar um neue Theorien zu formulieren, sollten die Ergebnisse auch nachvollziehbar und überprüfbar sein. Von vornherein auf eine Validierung zu verzichten erscheint als problematisch. Aussagen wie beispielsweise von Schwarz (1999, S. 247) - *„Die allgemeine Form der hier vorgestellten Theorie ist schwer in der Beobachtung nachzuvollziehen und zu überprüfen. Sie stützt sich auf ein Verständnis des natürlichen pflanzlichen Wettbewerbs, der durch menschliche Wirtschaftseingriffe oft bis zur Unkenntlichkeit verzerrt wird. Aus Gründen des Zeit- und Raummaßstabs kommt das Experiment nicht in Betracht. Dies beschränkt die Überprüfbarkeit der Theorie auf Gebiete mit naturnaher Forstwirtschaft, extensiver Rinderweidewirtschaft oder auf lang gebannte Naturreservate.“* - aus einem Aufsatz zur Modellierung der Wuchshöhenregel in der Pflanzengeographie, lassen eigentlich nur darauf schließen, dass trotz des verwendeten komplexen mathematischen Instrumentariums (Differentialrechnung), welches zu formal-logisch nicht zu widerlegenden Ergebnissen führt, dieses Modell, kaum zu Prognosezwecken herangezogen werden kann. Außer dass die Annahmen plausibel klingen, ist nicht überprüft worden, ob diese „Theorie“ überhaupt der Realität standhält, bzw. wird die Überprüfung von vornherein verworfen da sie als zu schwierig erscheint. Generell, die Arbeit von Schwarz diene nur als Anschauungsbeispiel, scheint es so zu sein, dass einerseits ein hochkomplexes mathematisches Modellierungsinstrumentarium in der ökologischen Modellanalyse benutzt wird, aber andererseits die Bezüge zu realen Ökosystemen kaum hergestellt werden. Ein ganz extremes Beispiel hierfür sind die sogenannten ökologischen Prozessmodelle, wie beispielsweise das

von BOSSEL (1992; 1996) entwickelte Treedyn3 Simulationsmodell. Ein hochkomplexer mathematisch-physikalischer Formelsatz treibt dieses Modells an. Die mathematische Exaktheit der abgebildeten biophysikalischen Prozesse lässt vermuten, dass dieser Modellansatz traditionellen eher empirischen Modellen wie z.B. der Forest-Gap-Modellfamilie überlegen ist. Vergleicht man aber beispielsweise die Ergebnisse von Treedyn3 Simulationsläufen zum Soling Ökosystem mit den von KRÄUCHI (1994) durchgeführten Simulationsläufen des FORSUM Modells, einer Weiterentwicklung der Forest-Gap-Modelle, so fallen die Ergebnisse des „einfachen“ FORSUM Modells, welches nicht den Anspruch erhebt die einzelnen Prozesse physikalisch exakt zu erfassen weit realitätsnäher aus (vgl. NEFF 2000). Aus diesen und anderen Gründen (vgl. HAUHS et al. 2000, S. 54) hat beispielsweise die Arbeitsgruppe „Ökologische Modellbildung“ des Bayreuther Instituts für terrestrische Ökologie den Weg der ausschließlich an prozessorientierter Simulation ausgerichteten ökologischen Modellierung verlassen (HAUHS et al. 2000). Der Aufsatz von HAUHS et al. (2000) über die Modellierung ökologischer Systeme, ist übrigens ein sehr lesenswerter Beitrag, neben Fragen der Validierung, stehen vor allem Sinn und Zweck, sowie Zukunftsperspektiven der ökologischen Modellierung im Vordergrund.

## 2. Simulation und Realität: das Beispiel der Versuchsaufforstung am Roc de Gachonne

Anschließend an Kapitel 1, soll an einem kleinen Beispiel demonstriert werden, welche Überraschungen die Validierung von Simulationsprognosen teilweise bieten.

Im Zuge seiner Dissertation hat der Verfasser Simulationen zu möglichen forstlichen Nutzungen des Roc de Gachonne durchgeführt. Diese Simulationen sollten dazu dienen herauszufinden, inwiefern es das Simulationsprogramm MEDGROW (NEFF 1999; 2000) erlaubt Fragestellungen der Forstpraxis zu beantworten, letztendlich also auch Handlungsszenarien für die Zukunft erlaubt. Der Roc de Gachonne ist ein 167 m hoher Sporn aus kompakten Kalken des „Hauterivien inferieure“ (BILLANGE 1943) der die 25 km westlich von Nîmes gelegene Vauvage nach Nordwesten hin abschirmt. Der Südhang des Roc de Gachonne ist terrassiert und wurde früher intensiv genutzt – es dominierte der Ölbaum (*Olea europea*) (BARRY 1960). Inzwischen verbuschen diese Terrassen immer mehr. Der klassische Blick auf die Kleinstadt Calvisson - d.h. ein typisches Languedoc Kleinstädtchen, dass sich an einen Felsporn mit Oliventerrassen anlehnt - wird durch die zunehmende Verbuschung des Südhanges immer mehr zu Erinnerung. Die Verbuschung läuft nach den vielfach für Südfrankreich beschriebenen Prozessen der Vegetationsdynamik ab (vgl. BONIN/ROMANE 1996; NEFF/FRANKENBERG 1995; NEFF 2001). Bemerkenswert ist hierbei, dass *Laurus nobilis* stellenweise eine überproportionale Stellung einnimmt. Vom Siedlungsgebiet aus drängen Neopyhten in die Brachebereiche, wobei hier *Opuntia ficus indica* eine dominierende Stellung vor allem im ortsnahen Trockenrasenbereich einnimmt. Hinzu kommen parzellenweise Aufforstungen mit *Cedrus atlantica*, die von der Forstbehörden (DDAF/ONF) im Auftrag der Parzellenbesitzer durchgeführt wird. Dennoch gibt es noch relativ viele Ölbaumterrassen, auf denen die Verbuschung erst einsetzt, d.h. unter den Oliven finden sich noch floristisch hochwertige Trockenrasengesellschaften. Diese Trockenrasengesellschaften sind jedoch äußerst empfindlich für „Bodenfeuer“. Die Bodenfeuer schaden wohlgernekt weder den Trockenrasengesellschaften, noch den verbleibende Olivenbäumen, sondern haben eher dazu beigetragen, dass der Südhang des Roc de Gachonne noch längst nicht so verbuscht ist wie viele andere Berghänge in der Umgebung. Diese periodischen Bodenfeuer, die fast ausnahmslos von der Siedlung ausgehen (Verbrennen von Gartenabfällen, Grillfeuer etc.), bedrohen jedoch den westlichen Teil des Roc de Gachonne, wo sich ein sehr degradiertes Garriguestandort befindet, teilweise mit Flächen mit einer äußerst

geringen Bodenkrumme. Auf Grund der schwierigen Standortverhältnisse (geringe Bodenkrumme, häufige Brände) entschlossen sich die Forstbehörden Anfang der neunziger Jahre einen Forstversuch durchzuführen. Ziel dieses Forstversuches ist es, neben der Erhöhung der Forstproduktivität, zu testen, inwieweit sich fremdländische Baumarten (Exoten, Neophyten) für solche Standorte besser eignen als einheimische mediterrane oder submediterrane Baumarten<sup>2</sup>. Ein Schwerpunkt war die Evaluierung des Wuchspotentiales verschiedener *Acacia*-Arten, wobei das Hauptaugenmerk *Acacia retionodes* und *Acacia dealbata* (vgl. Abb. 1) galt.

**Abbildung 1:** *Acacia dealbata* auf dem Roque de Gachonne (Aufnahme März 2000)



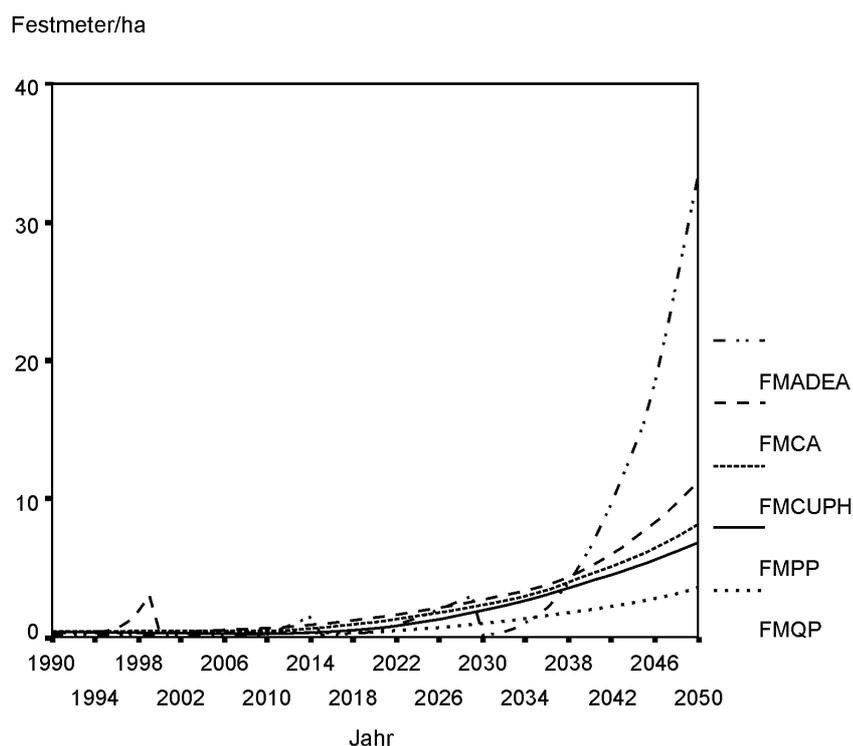
Der Verfasser unternahm im Zuge seiner Dissertation mit dem Simulationsprogramm MEDGROW (NEFF 1999) im Herbst 1998 verschiedenen Simulationsexperimente deren Ausgangsbasis die Forstversuche am Roc de Gachonne waren (vgl. Abb. 2). Die Simulationsexperimente simulierten über 60 Jahre bis 2050 verschiedenen Aufforstungs- und Perturbationsszenarien. Die Ergebnisse sind im Detail in NEFF (2000) veröffentlicht. Ziel war es, zu evaluieren inwiefern ein eigentlich für die Grundlagenforschung geschaffenes Simulationsprogramm (Analyse von Disturbationen/Perturbationen wie z.B. Feuer für mediterranen Ökosysteme) sich auch für praktische Fragestellungen, wie z.B. Forstplanung eignet. Wobei hier die Frage beantwortet werden sollte, ob sich die Hoffnung der französischen Forstbehörden in Bezug der Melioration des Standortes mit Acacien erfüllen. Die Simulationsergebnisse scheinen die Hoffnungen der französischen Forstbehörden zu bestätigen, bei gleichbleibender Feuerfrequenz, wird *Acacia*

*dealbata* zur dominierenden Baumart, der Festmetervorrat verdreifacht sich (vgl. Neff 2000). Doch schon damals schrieb der Verfasser einschränkend: „Was die *Acacia* betrifft, dürften die Aufforstungsmaßnahmen, soweit es sich um *Acacia dealbata* handelt zum Erfolg führen. Der Verfasser möchte jedoch ergänzen, dass MEDGROW das Geländeklima vor Ort natürlich nicht berücksichtigt - die Anpflanzungen wurden teilweise in einer Kaltluftschneise angelegt -

<sup>2</sup> Eine genauer Beschreibung der Forstversuches befindet in Neff (2000).

was für die an ihrer klimaökologischen Nordgrenze angelegt *Acacia*-Bestände<sup>3</sup> nicht unproblematisch sein dürfte“ (NEFF 1999, S. 152). Der Verfasser hat das „Testgelände“ in Vorbereitung auf seinen Vortrag in Augsburg<sup>4</sup> einmal im Januar 2000, und ein zweites Mal im März 2000 besucht. Ein Vergleich mit den Simulationsergebnissen für das Jahr 2000 ergab folgendes Ergebnis. Wie schon in NEFF (1999; 2000) angedeutet, zeigte sich klar, dass die Accacien nur in lokalen d.h. klimaökologischen Mikrogunststandorten überlebten. In den Kaltluftschneisen sowie in der Sattellage fanden sich überhaupt keine Acacien mehr, die Ausfallrate betrug 100 %. Nur die *Pinus pinea*- und *Cedrus atlantica*-Anpflanzungen haben überlebt. Außerhalb dieser mikroklimatischen Ungunsträume, d.h. hier im Gipfelbereich und am Südhang des Roc de Gachonne wurden hingegen Acacien gefunden. Es handelte sich ausschließlich um *Acacia dealbata*, wobei hinzugefügt werden muss, dass diese auf Grund der Blüte von *Acacia dealbata* im März<sup>5</sup> in der dichten aus *Quercus coccifera* bestehenden Garrigues sehr leicht zu finden waren; es also gut sein könnte, dass andere Acacienarten (*Acacia retinoides*) übersehen wurden. Die auf dem Hauptkamm befindlichen Acacien haben nicht nur „überlebt“, sondern haben die Höhe des Restbestandes um ein zwei- bis dreifaches überwachsen. Mit MEDGROW ist es möglich auch die genaue Einzelbaumhöhe pro Jahr und Zelle auszulesen. Vergleicht man diese Werte mit Messungen an Einzelbäumen (*Acacia dealbata*) so zeigt sich, dass die Baumhöhe aus den Simulationen, verglichen mit der Realität, zu niedrig ausgefallen ist.

**Abbildung 2: MEDGROW Aufforstungssimulation Roque de Gachonne**



<sup>3</sup> *Acacia dealbata* und *Acacia retinoides* sind sehr frostempfindlich und extrem Spätfrost gefährdet. Längere Starkfrostperioden (für den Mittelmeerraum gilt hier mehrere Tage unter  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) können bestandsgefährdend sein.

<sup>4</sup> *Simulation und Realität - Vergleich der 1998 im Rahmen von MEDGROW durchgeführten Exoten-Aufforstungssimulation „Roc de Gachonne“ mit den realen Verhältnissen am Roc de Gachonne (Dept. Gard/ Südfrankreich) im Januar 2000. (Vortrag anlässlich des 13. Deutschsprachigen Kolloquium für Theorie und Quantitative Methoden in der Geographie in Augsburg, Februar 2000).*

<sup>5</sup> In den klimatischen Gunsträumen der Côte d’Azur, der Küste des Mauresgebirges, der Halbinsel Leucate sowie der Côte Vermeille blühen die Silberakazien (*Acacia dealbata*) gewöhnlicherweise schon Mitte/Ende Januar.

Die Durchschnittshöhe des simulierten fünfjährigen *Acacia dealbata*-Bestandes beträgt 279 cm, der durchschnittliche Stammdurchmesser 3,1 cm. Die Messwerte einer überlebenden *Acacia dealbata*-Aufforstungsreihe (mit einem *Quercus ilex*) finden sich in Tabelle 1. Die Durchschnittshöhe der gemessenen fünf Jahre alten *Acacia dealbata*-Aufforstungsreihe beträgt 408 cm, der Stammdurchschnittsdurchmesser in 1 m Höhe 1,98 cm. Natürlich lassen sich aus sechs Messgrößen keine statistischen signifikanten Beziehungen herleiten, hinzukommt, dass das Gelände wegen der Undurchdringlichkeit des Garriguebestandes nicht systematisch nach Acacien durchsucht werden konnte. Dennoch erlauben es diese sechs Messgrößen Einblick in die dort herrschenden Wachstumsprozesse und Vergleiche mit dem simulierten Bestand. Die simulierten Bäume (*Acacia dealbata*) sind durchweg zu klein (Baumhöhe) ausgefallen, die Stammdurchmesser hingegen fielen zu groß aus.

Weiterhin fällt auf, dass ein einheimischer *Quercus ilex* in der Aufforstungsreihe im Höhenwachstum weit hinter die Acacien zurückfällt.

**Tabelle 1** Messgrößen einer 5 Jahre alten Aufforstungsreihe am Roc de Gachonne (südwestlicher Gipfelbereich) im März 2000 (Quelle: eigene Erhebungen, März 2000)

Art	Baumhöhe in cm	Stammdurchmesser in cm
<i>Acacia dealbata</i>	420	3,18
<i>Acacia dealbata</i>	500	2,22
<i>Acacia dealbata</i>	300	2,06
<i>Acacia dealbata</i>	250	0,95
<i>Acacia dealbata</i>	500	1,59
<i>Acacia dealbata</i>	480	1,90
<i>Quercus ilex</i>	250	1,59

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Anwendung eines für die Grundlagenforschung entwickelten Simulationsprogrammes, sich durchaus für die planerische Praxis, hier die Forstplanung, einsetzen lässt. Das Wegfallen von „geographischen Randbedingungen“ wie Topographie, Geländeklima etc. kann jedoch zu drastischen Verzerrungen führen. In geländeklimatologischen Ungunstlagen sind die *Acacia* zu 100 % ganz ausgefallen, während in einigen Sonderstandorten im südlichen Gipfelbereich des Roc de Gachonne der reelle Höhenzuwachs höher ausfiel als in der Simulation. Die Koppelung mit einem GIS könnte hier vielleicht hilfreich sein. Dennoch möchte der Verfasser vor zuviel Euphorie warnen. Trotz aller Fortschritte im GIS-Bereich sind dort die eigentlichen Voraussetzungen für eine echte prozessorientierte Geländemodellierung noch nicht geschaffen worden, wenn man mal von einfachsten statistischen Beziehungen (Chi-Quadrat, oder andere Methoden der Randsummenhäufigkeit, Kreuzkorrelationen) absieht. Denn das methodische Hauptproblem wie man wenige punkt-hafte Messergebnisse (hier: Lufttemperatur, abgeleitete Größen wie Spätfrostgefährdung) sinnvoll und präzise in die Fläche umsetzt ist bis dato noch nicht gelöst. Genau diese Problem gilt es jedoch bei einer detaillierten raum-zeitlichen Prozessmodellierung zu lösen. Die Koppelung mit GIS, was auf Grund der GRID-Struktur von MEDGROW problemlos mit einem Rastergis durchzuführen wäre, würde ggf. nicht unbedingt einen Informationsgewinn bedeuten, zumindest wenn man es an Ergebnissen misst, die man durch „deskriptives“ Aufaddieren

von geographischen bzw. feldökologischen Erfahrungswissen (hier: Vorhandensein von Kaltluftschneisen und Seen) gewinnen kann. Soweit man vom Problem der nicht eingearbeiteten „geographischen“ Randbedingungen die im Einzelfall den Wert einer Prognose sehr beeinträchtigen können absieht, hat sich gezeigt, dass das ursprünglich für die Grundlagenwissenschaft entwickelte Simulationsmodell MEDGROW sich durch aus für die planerische Praxis, hier die Forstplanung eignet. Dort wo sich das Problem der „geographischen“ Randbedingungen nicht stellte, zeigten sich die Ergebnisse der Simulation und die realen Bedingungen vor Ort durchaus übereinstimmend.

Abschließend sei jedoch noch auf einen ganz anderen Punkt verwiesen. Sollte die zukünftige Entwicklung der Vegetationsdecke, so wie sie die Simulation prognostiziert und auch die Verhältnisse im Gipfelbereich des Roc de Gachonne vermuten lässt, in Richtung einer wie auch immer gearteten Waldformation gehen, so ist zu befürchten, dass der sowohl aus landschaftsökologischer, aus landschaftsästhetischer als auch kulturhistorischer Sicht sehr wertvolle Südhang des Roc de Gachonne mit den Resten von terrassierten Olivenhainen und Trockenrasen, mittelfristig durch Nachbarschaftseffekte (Waldanflug) sein Gesicht völlig wandeln haben. Auch diese Entwicklung lässt sich durch Simulation recht deutlich belegen. Durch das Aufzeigen von drastischen Entwicklungsmöglichkeiten könnten Simulationen zu einer Bewußtseinsbildung und damit zum Auffinden von landschaftsgestalterischen Lösungsmöglichkeiten beitragen. Da wir in vielen Gegenden Deutschlands mit ähnlichen Problemen<sup>6</sup> (Verbuschung, Gefahren für die Biodiversität) konfrontiert werden, könnten dort räumliche Simulationsmodelle in der Art von MEDGROW für das Generieren von landschaftsökologischen Beispielszenarien gewinnbringend eingesetzt werden.

---

<sup>6</sup> Als Beispiel sei hier der Schloßberg in Schramberg (Schwarzwald) genannt, dessen Florenreichtum immer mehr einem Verwaltungs- und Verbuschungsprozess zum Opfer fällt.

## Literatur

- BARRY, J.P. (1960): Contribution a l'étude de la végétation de la région de Nîmes. Sonderdruck aus: L'année Biologique, LXIV. Année, série T. 36, Fasc. 7-12, 21-567.
- BILLANGE, A. (1943): La Garrigue de Nîmes. Etudes de géographie régionale. Montpellier.
- BONIN, G. und ROMANE, F. (1996): Chêne vert et chêne pubescent, histoire, principaux groupements, situation actuelle. In: Forêt méditerranéenne, T. XVIII, numéro 3, „Spécial chênes vert et blanc“, 119-128.
- BOSEL, H. (1992): Real - structure process description as the basis of understanding ecosystems and their development. In: Ecological Modelling, 63, 261- 276.
- BOSEL, H. (1996): Treedyn3 forest simulation model. In: Ecological Modelling, 90, 187-227.
- CRAMER, W. (1997): Using plant functional types in a global vegetation model. In: Smith, T.M., Shugart, H.H., Woodward, F.I. (Hg.) (1997): Plant functional types - their relevance to ecosystem properties and global change. International Geosphere - Biosphere Programme Book Series 1. Cambridge, 271-288.
- HAUHS, M. und H. LANGE, KASTNER-MARESCH (2000): Die Modellierung ökologische Systeme – wissenschaftliche Computerspiele oder theoretische Alchemie. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 144, 2000/2, 52-57.
- KRÄUCHL, N. (1994): Modelling Forest Succession as Influenced by a Changing Environment. Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, B. 69.
- NEFF, C. (1999): MEDGROW - ein Simulationswerkzeug zur raumzeitlichen Modellanalyse von Vegetationsdynamik und Kulturlandschaftswandel im Mittelmeerraum. Dissertation, Universität Mannheim, Fakultät für Mathematik und Informatik, Mannheim.
- NEFF, C. (2000): MEDGROW - Vegetationsdynamik und Kulturlandschaftswandel im Mittelmeerraum. Mannheimer Geographische Arbeiten 52. Mannheim
- NEFF, C. (2001): Der rezente Landschaftswandel im westlichen Mediterranraum – Herausforderungen für Natur – und Landschaftsschutz. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 86-97.
- NEFF, C. und FRANKENBERG, P.(1995): Zur Vegetationsdynamik im mediterranen Südfrankreich. Internationaler Forschungsstand und erste Skizze zur Vegetationsdynamik im Raum Nîmes (Frankreich/Dept. Gard). In: Erdkunde 49/3 , 232-244.
- RYKIEL (Jr.), E.J. (1996) : Testing ecological models, the meaning of validation. In: Ecological Modelling., 90, 229-244.
- SCHWARZ, R. (1999): Die Wuchshöhenregel der ökologischen Pflanzengeographie. In: Erdkunde, 53, 244-248

## Autor

Dr. Christophe Neff  
 Lehrstuhl für Physische Geographie und Länderkunde  
 Geographisches Institut der Universität Mannheim  
 68131 Universität Mannheim  
[neff@rumms.uni-mannheim.de](mailto:neff@rumms.uni-mannheim.de)