

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 22, 49-56. Hannover 2010

## **Klima, Pflanzenarten, Landschaften: Was wandelt sich, was bleibt konstant?**

- Hansjörg Küster, Hannover -

### **Abstract**

Natural parameters such as climatic and edaphic factors are not stable; ecosystems are involved to a permanent natural change. The character of change can be studied by examining pollen diagrams. In contrast to this abstract terms to characterize the environment are stable, such as species and landscape descriptions. Both, the analysis of the actual state of a landscape and its history by pollen analysis have a basis of natural sciences, whereas projections and scenarios for the future are only opinions which do not have an exact basis of natural sciences.

It is suggested to work more intensively on the analysis of actual states of landscapes and their history than to develop scenarios.

### **1. Grundannahmen: Vielfalt und Dynamik**

In der Geobotanik gibt es vor allem zwei Wege einer naturwissenschaftlich exakten Datenerhebung. Besonders wichtig sind Erfassungen von Vegetationsbeständen als Basis für abstrahierende Erhebungen von Pflanzengemeinschaften. Erfasst werden die Vielfalt der Pflanzenarten, die Deckungsgrade und die Kombinationen der Pflanzenarten am Standort. Die zweite wichtige Methode der Geobotanik ist die Pollenanalyse. Aus Pollendiagrammen kann man ableiten, dass kein Vegetationsbestand eine Konstante war und ist. Ökosysteme haben sich – so die häufig übersehene Grundaussage jedes Pollendiagramms – im Lauf der Zeit stets verändert (KÜSTER 2005). Die Geobotanik kann daher einerseits eine Momentaufnahme der Vielfalt von Vegetation betrachten, andererseits kann sie aufzeigen, wie sich Ökosysteme verändern.

In Ökosystemen wird Energie von einer Form in eine andere umgewandelt. Seitdem es Leben auf der Erde gibt, wird die Sonnenstrahlung nicht nur einfach reflektiert, sondern sie kann über Fotosynthese und Atmung in Wärmeenergie umgewandelt werden. Fotosynthese und Atmung sind in einem Kreislauf miteinander verbunden. Nicht alle Kohlenhydrate, die bei der Fotosynthese entstehen, werden danach in den Prozess der Zellatmung eingespeist, sondern sie können an verschiedenen Stellen kürzer oder länger gespeichert werden: in Biomasse, vor allem in Holz, in Humusstoffen im Boden, oder sie wurden – im Verlauf längerer Speicherung – zu Torf, Kohle, Erdöl, Erdgas oder Carbonaten umgebaut. Wenn Carbonate nicht wieder abgebaut wurden, verblieb zugleich bei der Fotosynthese freigesetzter Sauerstoff in der Atmosphäre. Die Atmosphäre veränderte sich im Lauf der Zeit: In ihr sammelte sich Sauerstoff an, aus einer reduzierenden wurde eine oxidierende Atmosphäre.

Die Menge an Mineralstoffen im Boden, die Pflanzen zum Leben benötigen, ist nicht konstant. Sie werden meistens nicht genau dem Flecken Erde zurückgegeben, von dem sie herkommen. Weitere Mineralstoffe werden ständig aus dem Ausgangsgestein freigesetzt. Dabei

wirkt sich entscheidend der Gehalt an organischen Säuren im Boden aus (Fulvosäure, Huminsäuren).

Die Ausbildung der jeweiligen Vegetation hängt von den stets variablen Bedingungen des Klimas und des Bodens ab. Sie kann außerdem durch menschlichen Einfluss erheblich verändert werden. Menschen nutzen zwar die Dynamik der Natur, indem sie Pflanzen wachsen lassen und anschließend ernten; der menschliche Einfluss zielt aber auf ein Erreichen von Stabilität ab. Für Menschen ist es von zentraler Bedeutung, dass jedes Jahr die gleiche Menge an Nahrungspflanzen oder Holz geerntet und die gleiche Menge an tierischen Produkten genutzt werden kann. Dies garantiert für stabile Lebensbedingungen. Die Beständigkeit der Lebensgrundlagen wurde und wird aber lediglich angestrebt, sie kann jedoch nie erreicht werden, weil die Dynamik der Natur stets erhalten bleibt.

Nicht nur ein einsetzender menschlicher Einfluss verändert die Vegetation am Standort, sondern auch ein Aussetzen menschlichen Einwirkens. Wenn die Nutzung von Standorten aufgegeben wird, kommt es zu Sukzessionsprozessen. Neue Pflanzenarten können sich auf Sukzessionsflächen leichter durchsetzen als in geschlossenen Wäldern, deren Dynamik geringer ist. Derzeit werden viele Nutzungsbereiche aufgegeben. Traditionelle Landschaften mit ihrer jeweiligen Biodiversität werden durch die Flächenaufgabe und die anschließende natürliche Sukzession ebenso stark bedroht wie durch die Intensivierung der Nutzung (DANNEBECK et al. 2009). Eine Neuetablierung von Arten kann ebenso durch die häufigen Sukzessionsprozesse hervorgerufen werden wie durch einen Klimawandel. Der Klimawandel ist aber keineswegs die einzige mögliche Ursache für einen Wandel im Artenbestand, wie dies behauptet wurde (WALTHER et al. 2002). Eine Entscheidung darüber, ob eine Sukzession oder ein Klimawandel die Ausbreitung von Pflanzen- und Tierarten stärker begünstigt oder ob an eine Kombination mehrerer Ursachen für eine Artenausbreitung oder einen Artenrückgang zu denken ist, kann nicht erfolgen: Denn es verändern sich stets mehrere Faktoren zur gleichen Zeit. Jedenfalls darf nicht behauptet werden, dass sich derzeit nur Klimaparameter in Ökosystemen ändern und dass dies allein Ursache für einen beobachteten Wandel der Biodiversität ist. Ebenso wenig darf gesagt werden, dass sich neue Pflanzenarten nur im Verlauf von Sukzessionsprozessen durchsetzen.

## 2. Projektionen

Bei den heute intensiv diskutierten Daten des IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE 2007) zum Klimawandel wird häufig übersehen, dass nur die aus der Vergangenheit und Gegenwart vorliegenden Messungen naturwissenschaftlich exakt sind. Wenn man aus ihnen am Ende der 1970er Jahre einen Trend ableitete, kam man zur Prognose einer Abkühlung der Erdatmosphäre.

Erfassungen und Messungen auf der einen, Interpretationen, Projektionen und Vorhersagen auf der anderen Seite unterscheiden sich ihrem Charakter nach fundamental voneinander. Die einen Daten sind naturwissenschaftlich exakt ermittelt, die anderen nicht. Dies muss auch bei anderen naturwissenschaftlichen Projekten bedacht werden. In der Geobotanik führen die Erfassungen von Pflanzenarten oder Pollenkörnern zu exakten Ergebnissen. Die auf dieser Grundlage erfolgende Einteilung in Pflanzengesellschaften, der Entwurf von Vegetationskarten, die Ermittlung der Potentiellen Natürlichen Vegetation, auch die Zonierung eines Pollendiagramms und die Einordnung der Phasen von Pollendiagrammen in die allgemeine Entwicklung der Vegetationsgeschichte gehören in den Bereich der Interpretation. Dies schmälert den Charakter der daraus ermittelten Aussagen nicht. Aber es muss beispielsweise beachtet werden, dass eine mathematische Modellierung der Grenzen von Vegetationskarten eigent-

lich nicht möglich ist: Diese Grenzen sind nämlich nicht naturwissenschaftlich exakt ermittelt, sondern beruhen auf einer Interpretation.

### 3. Klima und menschlicher Einfluss

Veränderungen in der Vegetation und beim Klima, die heute beobachtet werden, können auf menschliche Einflüsse ebenso zurückgehen wie auf natürliche Faktoren. Welche Ursache dafür wahrscheinlicher ist, kann naturwissenschaftlich nur auf der Grundlage exakter Daten ermittelt werden, mit denen vergangener oder aktueller Vegetationswandel beschrieben wird.

Bei der grundsätzlichen Beantwortung dieser Frage kommt der Betrachtung von Pollendiagrammen eine besondere Bedeutung zu. Die in Pollendiagrammen dokumentierten Veränderungen der Vegetation wurden in der Anfangszeit der Historischen Geobotanik häufig völlig ungeprüft auf Klimaschwankungen zurückgeführt. Dies hatte im Rahmen von damaligen Forschungsanliegen der Pollenanalytiker eine besondere Bedeutung: Denn nur dann, wenn die Klimaentwicklung einen entscheidenden Einfluss auf die Vegetationsentwicklung hatte und sich daher die Anteile bestimmter Pflanzenarten an mehreren Lokalitäten zur gleichen Zeit veränderten, wurde es möglich, mit Pollendiagrammen biostratigraphische Datierungen durchzuführen.

Man folgte der Hypothese, dass die Klimaentwicklung die Geschichte der Vegetation überregional steuerte. Aus diesem Grund hielt man bestimmte Phänomene, die sich in zahlreichen Pollendiagrammen beobachten ließen, für derart charakteristisch, dass man sie als Zeitmarken auffasste, mit denen sich Pollendiagramme datieren ließen (im Sinne von BLYTT 1876; zur Forschungsgeschichte allgemein: LANG 1994). In Pollendiagrammen aus Südbayern stellte man drei „Buchengipfel“ fest. Die Anteile des Buchenpollens nahmen jeweils drei Mal zunächst zu und dann wieder ab. Man ging davon aus, dass das Klima und sein Wandel dafür verantwortlich waren (PAUL & RUOFF 1927, 1932, FIRBAS 1952). In kühleren Phasen soll sich die Buche ausgebreitet haben, und zwar in der Bronzezeit, am Ende der Römerzeit und im Mittelalter. Wenn es anschließend wieder wärmer wurde, soll – so die allgemeine Annahme weiter – die Buche wieder seltener geworden sein. In Pollendiagrammen aus Norddeutschland dagegen, die nördlich des römischen Limes gewonnen wurden, konnte man in der Regel nur einen einzigen „Buchengipfel“ identifizieren, der sich in die ersten nachrömischen Jahrhunderte datieren ließ (z.B. BEUG 1992, POTT 2000).

Heute ist aber bekannt, dass es im Holozän viel mehr Klimaschwankungen gab und dass der Ablauf der holozänen Klimageschichte anders beschrieben werden muss als im 19. und frühen 20. Jahrhundert (z.B. SCHÖNWIESE 1995, POTT 2010). In den letzten Jahrtausenden gab es mehrfache Wechsel zwischen wärmeren und kühleren Phasen. Die Buche breitete sich in Mitteleuropa sowohl in kühleren als auch in wärmeren Phasen aus (KÜSTER 1988, 2000). Nicht jede Veränderung der Jahresmitteltemperatur führte unmittelbar zu einem Umbau der Vegetation. Die Buche reagiert auch weniger auf Jahresmitteltemperaturen oder längerfristige Klimatrends. Bestimmte kurzfristige Witterungseinflüsse hatten und haben erheblich größeren Einfluss auf die Häufigkeit der Buche in den Wäldern. Besonders anfällig ist die Buche gegenüber Spätfrost im Mai. Ein einmaliges Frostereignis reicht aus, um das zu dieser Jahreszeit junge Buchenlaub zum Absterben zu bringen. Der Baum ist zu späterer Zeit in der Lage, nochmals Blätter auszutreiben (durch den so genannten Johannistrieb), aber die Gesamtzahl der Blätter ist in Jahren mit einem Spätfrostereignis erheblich geringer, so dass nur ein kleiner Teil der sonst üblichen Fotosyntheseleistung erbracht werden kann und der Baum in seiner Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Gehölzpflanzen gegenüber benachteiligt ist. Dies kann selbst in überdurchschnittlich warmen Jahren der Fall sein. Dann ist nicht die Durchschnittstemperatur eines bestimmten Jahres, sondern das einzelne Frostereignis von entscheidender Bedeutung.

Betrachtet man die gegenwärtige Verbreitung der Buche, nimmt nicht wunder, dass sie sich in kühleren und wärmeren Phasen ausgebreitet hat. Denn die Buche kommt sowohl in wärmeren als auch in kühleren Gebieten vor. Die jeweiligen Zeitpunkte des Laubaustriebes unterscheiden sich in Abhängigkeit davon, aber offenbar gelingt es dem Baum sowohl an etwas kühleren als auch etwas wärmeren Orten, einen guten Zuwachs zu erzielen. Die Dauer der Vegetationsperiode ist nur ein Faktor unter vielen, von denen das Wachstum von Buchen gesteuert wird.

Die Bedeutung des menschlichen Einflusses auf die Vegetationsentwicklung wird häufig unterschätzt. Das gilt für die aktuelle Situation ebenso wie für die Vergangenheit. Dabei ist nicht nur daran zu denken, dass Nutzungsabsichten zur Rodung von Wald oder einer anderen Umgestaltung von Vegetation führten. Auch durch die Aufgabe der Nutzung konnten Vegetationsänderungen ausgelöst werden.

Im Neolithikum (seit dem 6. Jahrtausend vor Chr.) wurden in Mitteleuropa vor allem eichenreiche Laubwälder gerodet. Das Langholz konnte an Ort und Stelle zum Hausbau oder als Brennholz verwendet werden. Der Rückgang der Pollenanteile der Eiche in Siedlungsphasen ist in Pollendiagrammen dokumentiert. IVERSEN (1941) beschrieb die Charakteristika einer Landnahmephase, wie sie sich in Pollendiagrammen nachweisen ließ. In detailliert erarbeiteten Pollendiagrammen kann man erkennen, dass es nicht nur eine dieser Landnahmephasen gab, sondern mehrere. Prähistorische Siedlungsphasen dauerten, wie auch aus archäologischen Untersuchungen bekannt ist, nur wenige Jahrzehnte oder allenfalls Jahrhunderte. In einem Siedlungsraum, dessen Pollenniederschlag in einem Diagramm erfasst wird, wurden also nicht nur zahlreiche Siedlungen gegründet, sondern auch aufgegeben und verlagert. Nach jeder Aufgabe einer Siedlung kam es zu einer Sekundärsukzession von Wald. HVASS (1982) konnte diese Form der Besiedlung im Bereich von Vorbasse in Jütland eindrucksvoll archäologisch belegen. Man kann darüber spekulieren, warum Siedlungen nach einigen Jahrzehnten wieder aufgegeben wurden. Es ist gut möglich, dass es an einer wichtigen Voraussetzung für den Weiterbestand einer Siedlung mangelte. Vielleicht ließen die Erträge der Kulturpflanzen infolge von einer Mineralstoffverarmung im Boden nach. Oder – was wahrscheinlich als Ursache in Frage kommt – es mangelte am Ort der Siedlung an geeignetem Bauholz; es mag leichter gewesen sein, eine neue Siedlung in einer dichten Parzelle des Waldes anzulegen als Holz von einem Ort, an dem es noch verfügbar war, an den Ort der bisherigen Siedlung zu transportieren, wo man es zum Ausbessern oder Neubau von Gebäuden gebraucht hätte.

In der von HVASS untersuchten Siedlungskammer änderten sich – wie auch an vielen anderen Orten – im frühen Mittelalter die Siedlungsverhältnisse von Grund auf: Seit dieser Zeit blieben die meisten Siedlungen konstant am selben Standort erhalten. In den Pollendiagrammen aus der Nähe dieser Siedlungen sind in den Zeitabschnitten seit dem Mittelalter keine Unterbrechungen der Pollenkurven von Getreide mehr erkennbar. Auch in den Diagrammen wird also eine kontinuierliche Besiedlung erkennbar.

In den Zeiten, in denen es häufig zu Sukzessionen der Vegetation nach der Aufgabe von Siedlungen kam, breiteten sich immer wieder kurzfristig Pionierpflanzen (unter anderem die Birke) aus; danach schloss sich der Wald erneut. Die Betrachtung mitteleuropäischer Pollendiagramme zeigt aber, dass er nun nicht mehr in jedem Fall von Eichen dominiert wurde, sondern dass sich im Zuge der Sukzessionen vielerorts die Buche durchsetzte (KÜSTER 1996, 1997; vgl. Abb. 1). Entsprechendes lässt sich auch heute in Laubwäldern beobachten: Nutzt man sie wenig, setzt sich in vielen Fällen die Buche durch.

Die Buchenausbreitung in Mitteleuropa dauerte erstaunlich lange (KÜSTER 1996, POTT 2000), nämlich mehrere Jahrtausende. Dies ist auch in Abb. 1 zu erkennen. Seit dem Mittelalter konnte sich die Buche allerdings nicht weiter ausbreiten, vermutlich deswegen, weil

kaum noch Siedelflächen aufgegeben wurden und Wälder intensiver bewirtschaftet wurden. In Wäldern, die intensiver und länger dauernd genutzt wurden, setzten sich häufig Eichen oder Hainbuchen anstelle von Buchen durch (POTT 1981; dies ist auch in Abb. 1 erkennbar).

## GÖRBEELMOOS

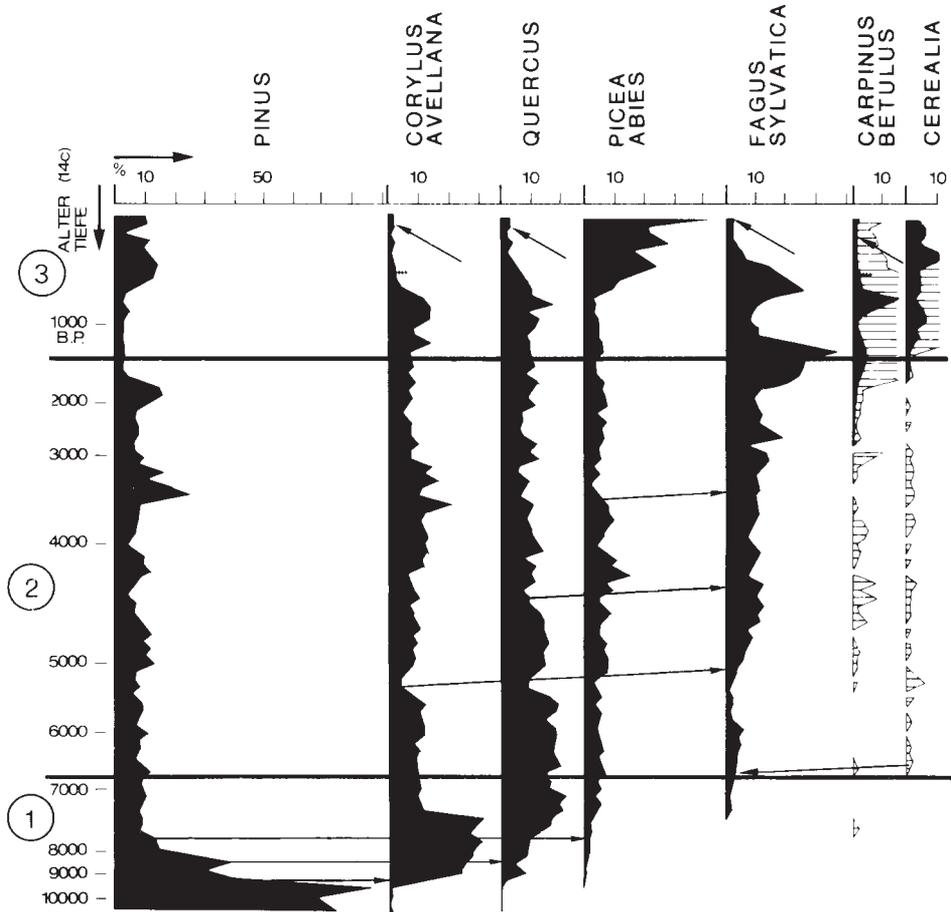


Abb. 1: Auszug aus einem Pollendiagramm vom Görbelmoos bei Weßling, Lkr. Starnberg (Oberbayern). Dargestellt sind nur einige ausgewählte Pollenkurven; das komplette Diagramm wurde an anderer Stelle publiziert (KÜSTER 1995). Phase 1 zeigt die Entwicklung der Vegetation vor der Einführung von Ackerbau. In Phase 2 wurde zeitweilig Ackerbau betrieben; Siedelplätze wurden gegründet und wieder aufgegeben. Die Buche breitete sich aus. In Phase 3 ist beständige Besiedlung nachweisbar; die Bedeutung der Buche nahm ab.

### 4. Artbildung

Kurz sei an dieser Stelle noch auf Vorgänge der Artbildung eingegangen. Unterschiedliche Populationen von Lebewesen, die schließlich auch als unterschiedliche Arten aufgefasst werden, können sich im Lauf der Zeit innerhalb von Ökosystemen voneinander trennen, wenn es zu einer disruptiven Selektion kommt. Wenn immer wieder Mutationen und neue Rekombi-

nationen von Merkmalen auftreten, setzen sich in einem Ökosystem auch immer wieder andere Individuen durch. Eine Art ist daher keine Konstante; konstant ist dagegen allein die Artbeschreibung. Ändern sich die ökologischen Bedingungen an einem Standort – dies ist die Regel –, ändern sich dort auch die Bedingungen der Selektion. Immer wieder neue Typen von Populationen setzen sich durch. Dieser Wandel vollzieht sich in der Regel sehr langsam, muss aber bedacht werden, wenn von Stabilität und Wandel in Ökosystemen die Rede ist.

## 5. Landschaft

Alle natürlichen Parameter, besonders diejenigen, die biologisch geprägt sind, wandeln sich also unaufhörlich. Menschen, die auf ihre Umwelt gestaltend Einfluss nehmen, streben dabei zwar Stabilität an; aber auch sie werden eine Stabilität ihrer Umwelt nicht erreichen. Landschaft als eine Vorstellung oder Idee kann aber stabil gedacht werden. Im Sinne der Kunsttheorie des 18. Jahrhunderts ist sie eine Vorstellung, die im Kopf entsteht; diese Vorstellung kann auf einem Bild, einer Landkarte oder in einem Text konkret mitgeteilt werden (KÜSTER 2009). Auch weitere Abstraktionen sind Konstanten, beispielsweise Arten und Pflanzengesellschaften. Dies gilt aber nicht für die Naturerscheinungen, die wir mit Abstraktionen beschreiben.

Während sich Ökosysteme mit allen ihren Bestandteilen ständig wandeln, gibt es stabile Vorstellungen, mit denen sie beschrieben werden. Eine besonders wichtige davon ist die Landschaft. Von naturwissenschaftlicher Seite beschrieben werden kann vor allem ihr augenblicklicher Zustand. Dabei ist es zunächst nicht wichtig, sich einen natürlichen Zustand zu denken, sondern ihn möglichst getreu zu erfassen, etwa so, wie dies HUMBOLDT (1845-1858) bereits getan hat und wie es im Atlas zu HUMBOLDTs „Kosmos“ niedergelegt wurde (BERGHAUS 1845-48). Dort sind keine potentiellen Landschaften enthalten, sondern deren Ist-Zustand. Diesen zu erfassen ist auch für die heutige Naturwissenschaft eine wichtige Aufgabe, die eher in den Vordergrund rücken sollte als die Projektion, die Interpretation und die Spekulation über künftige Entwicklungen. Denn der momentane Zustand einer Landschaft zeigt, was eine Grundlage für deren besondere Identität sein kann – mitsamt allen darin erkennbaren Entwicklungen der Natur, mit allen Nutzungen und allen Ideen, die Menschen dazu haben. Auf der Grundlage eines Herausarbeitens des aktuellen Zustandes kann anschließend aufgezeigt werden, welche Perspektive die betreffende Landschaft in Zukunft haben sollte oder könnte.

Auf solchen naturwissenschaftlichen Grundlagen können Fragen der Planung entwickelt werden: Soll man Landschaften der Sukzession überlassen? Wie wird diese mutmaßlich ablaufen? Oder soll ihr Zustand so weit wie möglich erhalten bleiben? Welche Nutzungsmethoden wurden in der Vergangenheit angewendet, um den Zustand der Landschaft zu bewahren? Welche Möglichkeiten gibt es, diese Form der Nutzung fortzusetzen? Welche Verfahren gibt es, um eine für die Bewahrung einer Landschaft wichtige Nutzungsform zu simulieren, so dass der Charakter der Landschaft dennoch erhalten bleibt, obwohl die ursprüngliche Nutzung nicht mehr durchgeführt wird? Oder ist es notwendig, vielleicht auch wünschenswert, eine Landschaft völlig neu zu gestalten? Welche Möglichkeiten gibt es, eine Landschaft auch gegen einen möglichen Klimawandel in einem Zustand zu halten, der der Bevölkerung wichtig ist?

Aus wissenschaftlicher Sicht sind der aktuelle Zustand und das historische Werden eines Zustandes von Landschaft ausführlich zu beschreiben. Auf dieser Basis sollten verschiedene Szenarien entwickelt werden. Auf politischem Wege oder durch eine Beteiligung interessierter Bürger könnte anschließend entschieden werden, wie vorgegangen werden soll. Solche Verfahren könnten künftig wichtig werden; denn von ihnen könnten künftig Subventionen für

Landwirte abhängen, wenn diese keine direkten Zahlungen für die Nahrungsmittelproduktion mehr bekommen würden, weil die WTO (Welthandelsorganisation) dies als Wettbewerbsverzerrung ansieht.

Die genaue Erfassung des Zustandes von Landschaft, der Methoden, mit denen sie bearbeitet wird und des Werdens von Landschaften im Lauf der Zeit sollten stärker in den Mittelpunkt geobotanischer Forschung rücken als die daraus abgeleitete Abstraktion von Pflanzengesellschaften oder der Potentiellen Natürlichen Vegetation, deren Ermittlung eher der angewandten Forschung als der Grundlagenforschung dient.

## Literatur

- BERGHAUS, H.K.W. (1845-48): Physikalischer Atlas oder Sammlung von Karten, auf denen die hauptsächlichsten Erscheinungen der anorganischen und organischen Natur nach ihrer geographischen Verbreitung und Vertheilung bildlich dargestellt sind. 2 Bände. – Perthes, Gotha.
- BEUG, H.-J. (1992): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen über die Besiedlung im Unteren Eichsfeld, Landkreis Göttingen, vom frühen Neolithikum bis zum Mittelalter. – Neue Ausgr. Forsch. Nieders. **20**: 261-339.
- DANNEBECK, S., A. HOPPE, H. KÜSTER & D. MCCRACKEN (2009): Factors affecting cultural landscapes: an overview. In: K. KRZYWINSKI, M. O'CONNELL & H. KÜSTER (eds.): Cultural landscapes of Europe. – Aschenbeck Media, Bremen: 47-54.
- FIRBAS, F. (1952): Waldgeschichte Mitteleuropas. II. – G. Fischer, Jena.
- HVASS, S. (1982): Ländliche Siedlungen der Kaiser- und Völkerwanderungszeit in Dänemark. – Offa **39**: 189-195.
- HUMBOLDT, A. von (1845-1858): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 4 Bände. – Cotta, Stuttgart.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): Climate Change 2007. The Physical Science Basis. – IPCC Secretariat, Genf.
- IVERSEN, J. (1941): Landnam i Danmarks Stenalder. – Danm. Geol. Unders. II, **66**, København.
- KÜSTER, H. (1988): Vom Werden einer Kulturlandschaft. Vegetationsgeschichtliche Studien am Auerberg (Südbayern). – VCH, Weinheim.
- KÜSTER, H. (1995): Postglaziale Vegetationsgeschichte Südbayerns. Geobotanische Studien zur Prähistorischen Landschaftskunde. Akademie Verlag, Berlin.
- KÜSTER, H. (1996): Auswirkungen von Klimaschwankungen und menschlicher Landschaftsnutzung auf die Arealverschiebung von Pflanzen und die Ausbildung mitteleuropäischer Wälder. – Forstwiss. Cbl. **115**: 301-320.
- KÜSTER, H. (1997): The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. – The Holocene **7**(2): 239-242.
- KÜSTER, H. (2000): Waldentwicklung in Süddeutschland. Rundgespräche der Kommission für Ökologie 18: Entwicklung der Umwelt seit der letzten Eiszeit. – Pfeil, München: 91-100.
- KÜSTER, H. (2005): Das ist Ökologie. Die biologischen Grundlagen unserer Existenz. – Beck, München.
- KÜSTER, H. (2009): Schöne Aussichten. Kleine Geschichte der Landschaft. – Beck, München.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. – G. Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- PAUL, H., & S. RUOFF (1927): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. I. – Ber. Bayer. Bot. Ges. **29**: 1-84.
- PAUL, H., & S. RUOFF (1932): Pollenanalytische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. II. – Ber. Bayer. Bot. Ges. **30**: 1-264.
- POTT, R. (1981): Der Einfluß der Niederholzwirtschaft auf die Physiognomie und die floristisch-soziologische Struktur von Kalkbuchenwäldern. – Tuexenia **1**: 233-242.
- POTT, R. (2000): Die Entwicklung der europäischen Buchenwälder in der Nacheiszeit. In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie 18: Entwicklung der Umwelt seit der letzten Eiszeit. – Pfeil, München: 49-75.
- POTT, R. (2010): Klimawandel in der Erdvergangenheit und Gegenwart. – Ber. RTG **22**: 7-33.
- SCHÖNWIESE, C. (1995): Klimaänderungen. Daten, Analysen, Prognosen. – Springer, Berlin, Heidelberg.

WALTHER, G.-R., E. POST, P. CONVEY, A. MENZEL, C. PARMESAN, T.J.C. BEEBEE, J.-M. FROMENTIN, O. HOEGH-GULDBERG & F. BAIRLEIN (2002): Ecological responses to recent climate change. – *Nature* **416**: 389-395.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Hansjörg Küster, Leibniz Universität Hannover, Institut für Geobotanik, Nienburger Str. 17, 30167 Hannover

E-mail: [kuester@geobotanik.uni-hannover.de](mailto:kuester@geobotanik.uni-hannover.de)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Küster Hansjörg

Artikel/Article: [Klima, Pflanzenarten, Landschaften: Was wandelt sich, was bleibt konstant? 49-56](#)