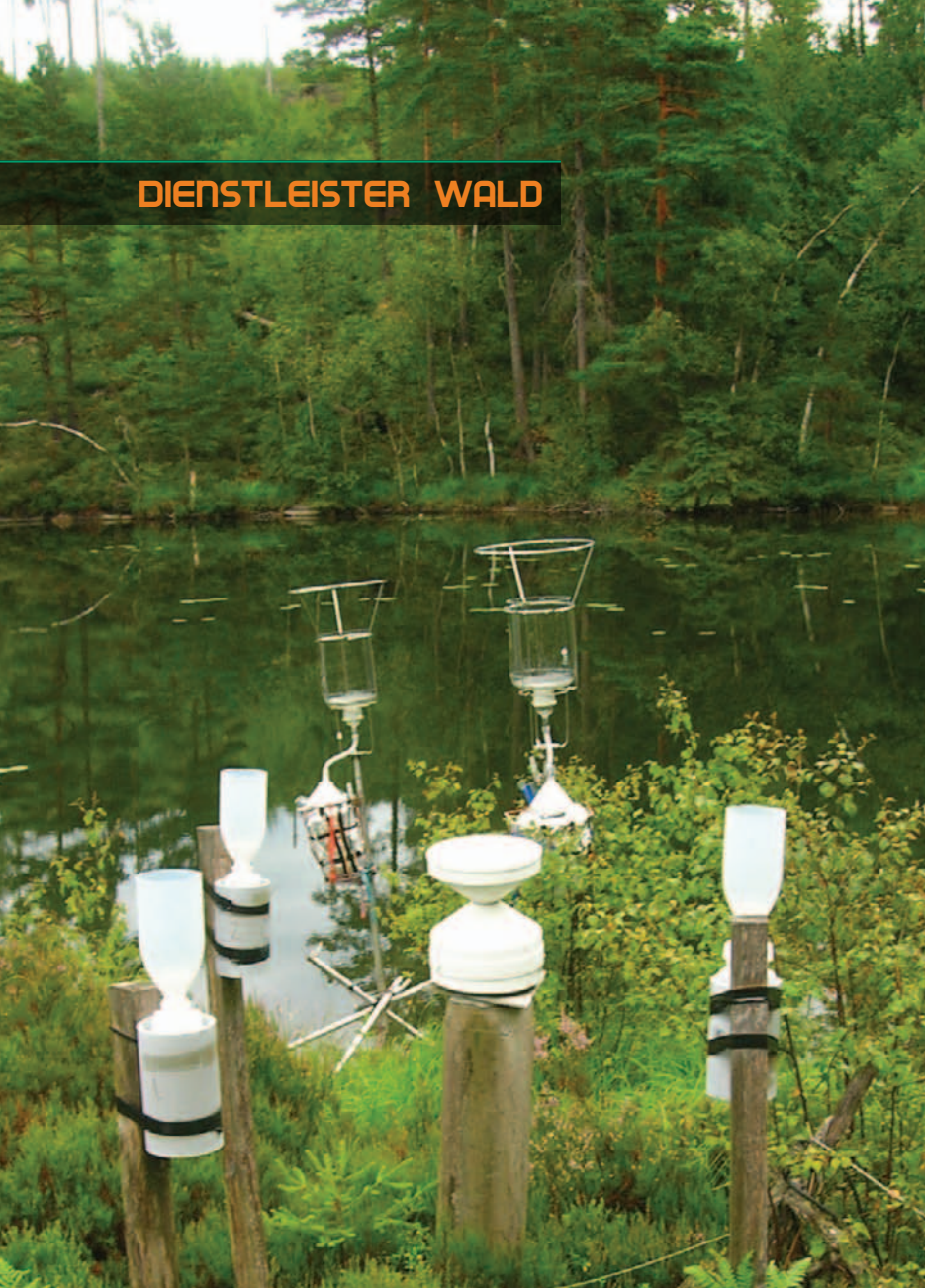


DIENSTLEISTER WALD

HOLGER LANGE
MICHAEL HAUHS

Simulation menschlicher Eingriffe im Wald

KOMPLEXE MODELLE VOM WALD
UND DER KOMPLEXE WALD
ALS MODELL



- Abb. klein: Ein Dach in einem Waldbestand in Gårdsjön (Schweden), das den sauren Regen abhalten sollte.
- Abb. links: Umweltüberwachung (hier Niederschlagsmesser) in Gårdsjön.

In den Umweltwissenschaften gelten Wälder oft als komplexe Ökosysteme. Zur naturwissenschaftlichen Beschreibung ihrer Struktur und Funktion muss man auf lebende und unbelebte Komponenten eingehen, die durch vielfältige Interaktionen miteinander verknüpft sind. Diese Feststellung klingt selbstverständlich. Dennoch handelt es sich nur um einen möglichen Zugang zu Wäldern, einem Modell, das so dominant ist, dass es leicht mit der Realität verwechselt werden kann. Daneben gibt es eine ganz andere Perspektive, die für Waldbesitzer und Ökosystemmanager typisch ist. In Deutschland befindet sich ein Großteil des Waldes in öffentlichem Besitz. Als Nutzungsziele sind in den letzten Jahren neben dem Holztertrag auch Erholungsfunktionen und der Naturschutz getreten. Manche Wälder wurden aus der Holznutzung genommen und in Nationalparks umgewandelt. Das liegt an einer Reihe von Faktoren, von denen niedrige Holzpreise und zunehmender Import von Holz aus Osteuropa nur zwei sind. Hinter dieser Entwicklung und der politischen Auseinandersetzung darüber steht oft die Vorstellung, dass der Wald ohne den Einfluss des Menschen zu einer *natürlichen* Vegetationsform wird. Ein solcher „wilder Wald“ (nicht „Urwald“, dieser Begriff setzt voraus, dass im entsprechenden Gebiet niemals eine Nutzung stattgefunden hat), der in Deutschland stets ein *verwilderter* Wald (Entwicklungs-Nationalparks) ist, wird zum eigenständigen Wert. Wald ist in unseren Landschaften das Symbol für „die Natur“ und das Ursprüngliche. Die politische Auseinandersetzung über den Eigenwert des (wild)en Waldes findet Ausdruck in der Abwägung, welche Flächen den Zielen des Naturschutzes gewidmet werden, und auf welchen die Wertbildung (weiterhin) nach ökonomischen Prinzipien erfolgt. Es gibt auch Ansätze, die die Naturschutz- oder die Erholungsfunktion oder andere Servicefunktionen wie z. B. Kohlenstoffbindung ökonomisch bewerten, beziehungsweise „monetarisieren“. Das kann private Waldbesitzer oder die öffentliche Verwaltung dazu bringen, den Waldumbau voranzutreiben (vergleiche Artikel S. 82). Es wird klar, dass der eben beschriebene Zugang zu Waldökosystemen von ganz anderer Art ist als der naturwissenschaftliche. Hierbei sind es gerade die einfachen, wiederholbaren Aspekte des Systems, die beim Management im Fokus liegen. Die Ökologische Modellbildung an der Universität Bayreuth verfolgt seit 1992 ein Forschungsprogramm, das beiden Perspektiven – der des Wissenschaftlers und der des Ökosystem-Managers

– gerecht zu werden sucht (siehe Spektrum Heft 2/1999). Die Modellbildung findet dabei nicht nur in den Köpfen, sondern auch in Computern statt. Für Modellierer müssen dazu die oben dargestellten Beschreibungen in mathematische Formen gebracht werden. Beim naturwissenschaftlichen Zugang zum System ist es naheliegend, vorhandene Daten zu nutzen oder Messungen durchzuführen, deren Ergebnisse vom Modell reproduziert werden sollen. Außerdem soll das Modell logisch konsistent sein: das, was an den Ergebnissen des Modells für überprüfbar und nützlich befunden wird, soll auch nachweislich aus den theoretischen und systematischen Grundlagen des Modells folgen. Daher werden in diesem Zugang oft Prozesse unterstellt, die im dynamischen System Wald ablaufen, es handelt sich um *Prozessmodelle*. Die Mehrzahl der Beiträge aus BayCEER in diesem Heft stammen daher auch aus der *Prozessforschung*. Das Problem ist, dass jeder Versuch, einen Wald in Form von Prozessen und Naturgesetzen dynamisch zu

AUTOREN

Prof. Dr. Holger Lange



arbeitet als Seniorwissenschaftler am **Norwegischen Institut für Wald und Landschaft** in Aas, Norwegen, wo er die Abteilung Forstökologie leitet. Gleichzeitig ist er Professor der Geowissenschaften an der Universität Bayreuth. Er erhielt sein Diplom sowie seinen Dokortitel

in Theoretischer Physik an der Universität Dortmund und habilitierte sich im Fach Ökologische Modellbildung an der Universität Bayreuth. Seine Forschungsinteressen gelten der Modellierung terrestrischer Ökosysteme, besonders im Hinblick auf Wälder und Wassereinzugsgebiete, Hydrologie, die Erkennung von Mustern in Langzeitdatensätzen, Zeitreihenanalyse, Skalierungseigenschaften und langreichweitige Korrelationen, nichtlineare multivariate Statistik, Populationsdynamik von Schadinsekten sowie die Fernerkundung in der Forstwissenschaft, speziell im Hinblick auf hyperspektrale Aufnahmen, Lidar und SAR.

Prof. Dr. Michael Hauhs



ist Professor für Ökologische Modellbildung an der Universität Bayreuth. Er unterrichtet Geoökologie, ökologische Modellbildung, Zeitreihenanalyse und Umweltinformatik. Er erhielt sein Diplom sowie seinen Dokortitel im Fach Forstwissenschaften an der Universität Göttingen, wo er im Fach Bodenkunde habilitierte. Er hat über Wassertransportmodelle, Waldwachstumsmodelle, künstliches Leben, die theoretischen Grundlagen der Modellbildung und die Annäherung an interaktive Modelle aus der Informatik veröffentlicht.

beschreiben, scheinbar unweigerlich zu einem komplexen Modell führt. Die Überschrift „komplexe Modelle vom Wald“ steht für diesen

Modelltyp. Er wird aber dem anderen Zugang, der auf die einfachen Aspekte des Systems abzielt, nicht gerecht und ist in vielen Fällen auch nicht praktisch relevant. In diesem Sinn besitzen also viele Waldmodelle Defizite.

Die öffentliche Einschätzung des „wildes Waldes“ als wertvoll ist auf der Ebene der praktischen Relevanz angesiedelt. Die breite öffentliche Zustimmung zu allen Maßnahmen zum Erhalt des Waldes demonstriert die Sicherheit dieses Urteils. Da Wälder sich stets wandeln, wird nicht der (vergängliche) Wald selbst zum Träger der Wertschätzung, sondern die Dynamik, die seinen Wandel als naturwissenschaftliches Modell beschreibt. Als wichtige Naturschutzstrategie wird heute der *Prozessschutz* in mehreren deutschen Nationalparks als Leitbild genannt (vergleiche Meinung S. 94).

Aus naturwissenschaftlicher Sicht werden Wälder also mit den Instrumenten der Modellbildung wie Moleküle, Planetensysteme oder das Wetter als dynamische Systeme beschrieben. Ihre Besonderheit liegt aus der Sicht dieser Modellansätze lediglich in der hohen Komplexität. Im Unterschied zu den anderen Beispielen ist aber die natürliche Dynamik

WALD IST IN UNSEREN LANDSCHAFTEN DAS SYMBOL FÜR „DIE NATUR“ UND DAS URSPRÜNGLICHE.

von Wäldern *schutzbedürftig*, zum Beispiel vor Störungen durch den Menschen; das ist eine *Wertung*, die für dynamische Systeme in

aller Regel nicht zu finden ist und meistens auch nicht als Aufgabe der beteiligten Wissenschaftler gesehen wird.

Was hat die Komplexität eines Systems mit dessen Schutzbedürftigkeit und zu schützenden Werten zu tun? Bei näherem Hinsehen offenbart sich hier ein eklatantes Missverhältnis zwischen wissenschaftlichem Prozessverständnis und Relevanz im Hinblick auf Bewertung. Die Variablen, die für eine Bewertung zentral sind und auch in der öffentlichen Debatte am häufigsten vorkommen, wie Holzproduktion und -nutzung, Biodiversität, Artenverschiebungen und Eingriffe des Menschen, kommen in den Prozessmodellen gar nicht vor. Es ist immer noch nicht gelungen, auf der Basis von dynamischer Systemtheorie und Prozessen Eigenschaften vorherzusagen, die für die Bewertung relevant sind.

Das liegt unter anderem daran, dass die Nutzerperspektive schwieriger zu formalisieren ist. Viele der „Modelle“ und Einschätzungen liegen nur in verbaler, oft diffuser Form vor. Die aus theoretischer Sicht besonders rigorosen Prozessmodelle und die aus der Sicht der Nutzung besonders relevanten Modelle erscheinen daher als inkompatibel. Die relevanten Aspekte ergeben sich nicht aus dem Prozessverständnis. Dieses Dilemma ist allgemein bekannt. Das Problem ist, dass der Grund für diese Schwierigkeit nach wie vor in der Komplexität von Waldökosystemen selbst gesucht wird. Der Grund könnte aber auch „im Auge des Betrachters“ liegen, und zwar in Form einer unangemessenen Modellbildung zum Beispiel menschlicher Eingriffe.

Wertungen kommen in Prozessmodellen nicht vor. Wenn Wälder tatsächlich „normale“ dynamische Systeme wären, könnten sie mit Prozessmodellen adäquat beschrieben werden. Wir würden ihnen „danach“ Werte von *Außen* aus unserer kulturellen Perspektive zuschreiben. Das Attribut „Komplexität“ ist aber ebenfalls eine solche kulturelle Zuschreibung. Dieser Begriff gehört daher nicht in das Vokabular der naturwissenschaftlichen Sicht zur Charakterisierung der Besonderheit von Wäldern, er charakterisiert viel treffender unsere *Wahrnehmung* von Wäldern als komplex. Der zweite Teil der Überschrift „Modelle vom komplexen Wald“ steht für diese Analyse des dominanten Modelltyps, der sich als unzureichend erwiesen hat.

Vollständig mit Moos bedeckter Waldboden als Folge einer Phosphordüngung in Gårdsjön.



Das ist das zentrale Dilemma der Modellbildung von Waldökosystemen. Wir verfolgen daher eine Alternative, die nicht bei den im System ablaufenden Prozessen ansetzt. Die Formalisierung dieser Klasse von Modellen des Waldes liefert die Informatik. Sie stellt einen umfangreichen Satz an formalen Abstraktionen bereit, die in der Ökologischen Modellbildung auf Waldökosysteme angewendet werden können.

Der grundlegende Unterschied liegt in der Verwendung der Begriffe *Zustand* und *Verhalten*. In der Physik ist der Zustand die primäre Kategorie; das Verhalten des Systems folgt sekundär aus dem Anfangszustand und den Entwicklungsgleichungen. Entscheidungen kommen nicht vor. In der Informatik ist das Verhalten einer Software oder des damit interagierenden Nutzers die primäre Kategorie. Die Abfolge von Interaktionen hat den sekundären Effekt, dass sich die inneren Zustände verändern.

Der Umgang von Nutzern und Managern mit Waldökosystemen entspricht viel eher dem Informatikzugang. Förster interagieren bei ihren Eingriffen und Entscheidungen mit dem System wie über eine Nutzeroberfläche eines Simulators; die Frage nach den *kausalen* Zuständen im Inneren des Systems wird dabei nicht gestellt und erscheint aus Sicht der erwarteten Serviceleistung des Waldes auch als irrelevant. Das Erfahrungswissen, das Förster aufgebaut haben, gründet sich nicht auf Prozessforschung.

In diesem neuartigen Zugang vom „Wald als komplexes Modell“ geht es also darum, ein einfaches Modell einer Schnittstelle zu entwickeln.

Wir gehen dabei von nachhaltig genutzten Waldökosystemen aus, wie sie die forstliche Tradition in Deutschland hervorgebracht hat. Dieser genutzte Wald kann als ein

gezügelmtes System verstanden werden, an dessen „Nutzerschnittstelle“ sich Abläufe (eben Verhalten) erfolgreich wiederholen lassen. Forschungsziel ist die möglichst vollständige Beschreibung aller relevanten Entscheidungssituationen, die an diesen Schnittstellen auftreten können. Durch eine (annähernd) vollständige Beschreibung des akkumulierten Erfahrungswissens wird die Bewertung jeder konkreten Situation zu einem *internen* Aspekt derartiger Modelle. Es ist dabei von vorneherein klar, dass diese Modelle sich aus prinzipiellen Gründen nicht als Vorhersage-Instrumente für neu-

DAS ERFAHRUNGSWISSEN, DAS FÖRSTER AUFGEBAUT HABEN, GRÜNDET SICH NICHT AUF PROZESSFORSCHUNG.

artige Umweltbedingungen eignen. Sie können aber in umgekehrter Blickrichtung als ein sensibler Indikator im Hinblick auf die Wirkung von veränderten Umweltbedingungen auf genutzte Wälder dienen. Der Aufwand steckt dabei in der Dokumentation der bisher gemachten (relevanten) Erfahrungen und Beobachtungen, um auf dieser Basis Abweichungen früher erkennen und sicher klassifizieren zu können.

Das umfangreiche, wenn auch oft nicht gut formalisierte und dokumentierte Erfahrungswissen konnte auch in der Vergangenheit erfolgreich zur Identifikation abweichenden Verhaltens eingesetzt werden. Dort, wo Angler entgegen ihren Erwartungen keine Fische mehr fingen, konnte zuerst die Wirkung des sauren Regens in Skandinavien nachgewiesen werden.

Dort, wo Förster entgegen ihren Erwartungen Vergilbungen von Nadeln an Bäumen beobachteten, konnte zuerst die Wirkung des sauren Regens in Mitteleuropa auf Wälder nachgewiesen werden. Dort, wo Weinbauern entgegen ihren Erwartungen früher im Jahr die Trauben lesen konnten, wird eine frühe Wirkung des Klimawandels in Mitteleuropa vermutet.

Das Forschungsprogramm der Ökologischen Modellbildung versucht diese Erklärungs- und Formalisierungsleistungen mit den Mitteln der theoretischen Informatik zu erreichen. Unser Ziel ist es, bei Modellen von Waldökosystemen theoretische Rigorosität, logische Konsistenz und praktische Relevanz der Anwendung miteinander zu verbinden.



■ Im See Gårdsjön wurde der Verlust von Fischarten durch Versauerung umfassend dokumentiert. Die Fragen unserer jährlichen in Gårdsjön mit Studenten durchgeführten Markierungsversuche lauten: Wie gut lassen sich Freiland-Experimente wiederholen? Welche Prozesse kann man in Waldökosystemen identifizieren?