

serplankton lebende Kleinkrebse Dauereier produzieren, die auf den Boden von Seen herabsinken, um ungünstige Zeiten zu überdauern. Wir nutzen diese biologischen Archive, indem wir Dauereier von Wasserflöhen aus verschiedenen Zeitpunkten des letzten Jahrhunderts »wiedererwecken« und sie mit deren heute vorkommenden Nachkommen genetisch und biologisch vergleichen. Durch solche Arbeiten haben wir dokumentiert, wie sich durch den Einfluss des Menschen – etwa durch Phasen der Überdüngung von Gewässern im 20. Jahrhundert – die Zusammensetzung der Arten verändert hat und wie sich die Genome der Organismen evoluiert haben (Schwenk et al. 2001). Laufende Projekte in Kooperation mit dem neu gegründeten Frankfurter Forschungszentrum »Biodiversity and Climate« werden sich natürliche und museale Archive zu nutzemachen, um die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Tier- und Pflanzenwelt zu erforschen.

Wo stehen wir heute?

Wie zu Zeiten von Charles Darwin steht auch für die heutige Evolutionsbiologie das Verständnis der evolutionären Veränderung von Arten im Zentrum des Interesses. Da sich unsere Umwelt durch die Invasion »fremder« Arten (Neobiota) und den globalen Klimawandel rapide verändert, sind Erkenntnisse über die Entstehung und Verbreitung von Biodiversität von akuter Bedeutung. Dabei sind kryptische Arten und Hybridarten, obwohl lange Zeit lediglich als »taxonomische Probleme« und Sonderfälle betrachtet, für die Forschung von besonderer Bedeutung, denn diese »Seiteneffekte« der Evolution ermöglichen es, den »Regelfall« zu verstehen. Diese »Problemfälle« sind somit weder das Ergebnis unserer unvollkommenen Wahrnehmung noch ein biologisches Randphänomen, sondern ein Beweis für die stetige evolutionäre Veränderung unserer Umwelt. ◆

Wo wächst die Palmyrapalme?

Mit Satellitendaten praxistaugliche Verbreitungskarten erstellen



Die äthiopische Palmyrapalme (*Borassus aethiopum*) mit einer Wuchshöhe von bis zu 30 Metern gehört zu den größten afrikanischen Palmenarten. ■ Ihr Erhalt ist für die Menschen in Benin und Burkina Faso von großer Bedeutung, denn sie stellen aus den Blättern der Palme Matten, Körbe und Hüte her. Die melonengroßen, glänzend orangen Früchte sind essbar. ■ Inzwischen geht das Verbreitungsgebiet dieser wichtigen Nutzpflanze stark zurück. Ursache ist die Zerstörung flussbegleitender Galeriewälder, in denen die Palme heimisch ist. Die Palmyrapalme ist kein Einzelfall: Weltweit ist die Biodiversität inzwischen durch menschliche Eingriffe bedroht. Um besonders schützenswerte Gebie-

■ Abendstimmung am Rand eines westafrikanischen Feuchtwaldes. Im Gegenlicht die äthiopische Palmyrapalme (*Borassus aethiopum*), deren Blätter zur Herstellung von Matten, Körben und Hüten dienen. Das Verbreitungsgebiet dieser wichtigen Nutzpflanze geht zurück. Hochauflösende Verbreitungsmodelle können dabei helfen, diese Art langfristig zu erhalten und nachhaltig zu nutzen.

te auffinden zu können, bedarf es zunächst einer detaillierten Erfassung der verschiedenen Tier- und Pflanzenarten und ihrer Lebensräume in Verbreitungskarten. Hier können Satellitendaten wertvolle Hilfe leisten.

Traditionell zeichnen Biodiversitätsforscher auf, wo sie eine Art finden und welche Bedingungen dort herr-



2 Essbare Früchte der äthiopischen Palmyrapalme (*Borassus aethiopum*).

duktion von Nahrungsmitteln oder den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit beinhalten. Durch menschliche Eingriffe bedroht sind vor allem die Zentren der Biodiversität wie Korallenriffe, Regenwälder, Feuchtgebiete und tropische Grasländer. Sie werden fortschreitend zerstört und degradieren zu biologisch verarmten Lebensräumen. Mit dem Verlust von Arten riskieren wir einen Teil unserer Lebensqualität, setzen die Stabilität des Klimas aufs Spiel und verringern die Effizienz der ökologischen Dienstleistungen, welche durch die biologische Vielfalt aufrechterhalten werden.

Für den Verlust an Biodiversität gibt es viele Ursachen. Zu den wichtigsten Faktoren gehören die Umwandlung und Reduktion von Lebensraum, die direkte Nutzung der Biodiversität, die Einführung von nicht einheimischen, invasiven Arten und die Folgen des Klimawandels. Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, verpflichteten sich die Vertragsstaaten der Biodiversitätskonvention von Rio (1993), die biologische Vielfalt auf nationaler und internationaler Ebene zu erfassen, ihren Schutz und ihre nachhaltige Nutzung zu gewährleisten und »bis 2010 eine wesentliche Reduktion der aktuellen Rate des Biodiversitätsverlusts zu erreichen« (UN 2002). Ein wichtiges Teilziel der Konvention ist dabei die Erfassung der Biodiversität respektive der Artenvielfalt – eine Aufgabe, die gerade in den ökonomisch armen, aber biologisch reichen Ländern Afrikas nicht aus eigener Kraft bewältigt werden kann.



3 Satellitenbild von Burkina Faso und Benin – Untersuchungsgebiete der Frankfurter Arbeitsgruppe in Westafrika.

schen. Heute kombinieren sie diese Informationen in Computermodellen mit Satellitendaten, die Aufschluss über die Landnutzung und andere Umweltvariablen in dem betreffenden Gebiet geben. Das Ergebnis sind Verbreitungskarten, die zeigen, wo geeignete Bedingungen für unterschiedliche Arten herrschen. Im westafrikanischen Land Burkina Faso haben Wissenschaftler der Universitäten und Forschungsinstitutionen in Frankfurt, Ouagadougou (Burkina Faso) und Cotonou (Benin) Verbreitungsgebiete von Arten mit bisher nicht erreichter Detailschärfe darstellen können (König et al. 2006). Sie erlauben es, Lebensräume für die Wiedersiedlung von Arten auszuwählen oder möglichem Artenschwund frühzeitig entgegenzuwirken.

Bedrohte Vielfalt

Die Biodiversität umfasst die Summe aller Organismen auf der Erde. Sie ist die Grundlage aller ökologischen Dienstleistungen, die so unterschiedliche Aufgaben wie die Aufbereitung von Wasser, die Pro-

Satellitendaten präzisieren Verbreitungskarten

Aus diesem Grund arbeiten Frankfurter Forscher mit europäischen und westafrikanischen Kollegen im Rahmen von zwei internationalen Forschungsverbänden, dem BIOTA- und dem SUN-Projekt, zusammen, um die wissenschaftlichen Grundlagen zu erarbeiten, die den Erhalt und die nachhaltige Nutzung der Biodiversität gewährleisten sollen. Der Fokus der Arbeiten liegt dabei auf der Erforschung der Pflanzenvielfalt in Burkina Faso, Benin und der Elfenbeinküste. 4 Eine enge Zusammenarbeit zwischen Mitgliedern verschiedener Institutionen und eine transdisziplinäre Arbeitsweise sind dabei unverzichtbar 4 (Wittig et al. 2007).

Dabei steht zunächst die Erfassung der Pflanzenvielfalt durch Sammelexkursionen und pflanzensoziologische Aufnahmen im Vordergrund. Ziel ist es, die Pflanzengesellschaften und die für sie charakteristischen Artenkombinationen zu beschreiben. Auf langjährigen Dauerbeobachtungsflächen werden ergänzend Daten zur zeitlichen Entwicklung der Arten erfasst. Anschließend werden die botanischen Datensätze in Datenbanken überführt und mit weiterführenden ökologischen Informationen verknüpft.

Botanische Daten zu erheben ist aufwendig, denn dabei müssen das Vorkommen und die Häufigkeit aller vorkommenden Pflanzenarten auf einem bestimmten Areal erfasst werden. Ist die Vegetation vielfältig, muss man diese Untersuchung auf Flächen bis zu 1000 Quadratmetern ausdehnen. Solche detaillierten Untersuchungen sind nur punktuell möglich und reichen häufig nicht aus, um ein vollständiges Bild der Muster



der Artenvielfalt zu erhalten. Aus diesem Grund werden heute die Verbreitungspunkte der Arten mit flächig vorliegenden Umweltvariablen – beispielsweise interpolierten Klimakarten – über räumliche Modellierungsansätze [siehe »Ökologische Nischenmodellierung«, Seite 78] kombiniert, um Muster der Artenvielfalt darstellen und analysieren zu können.

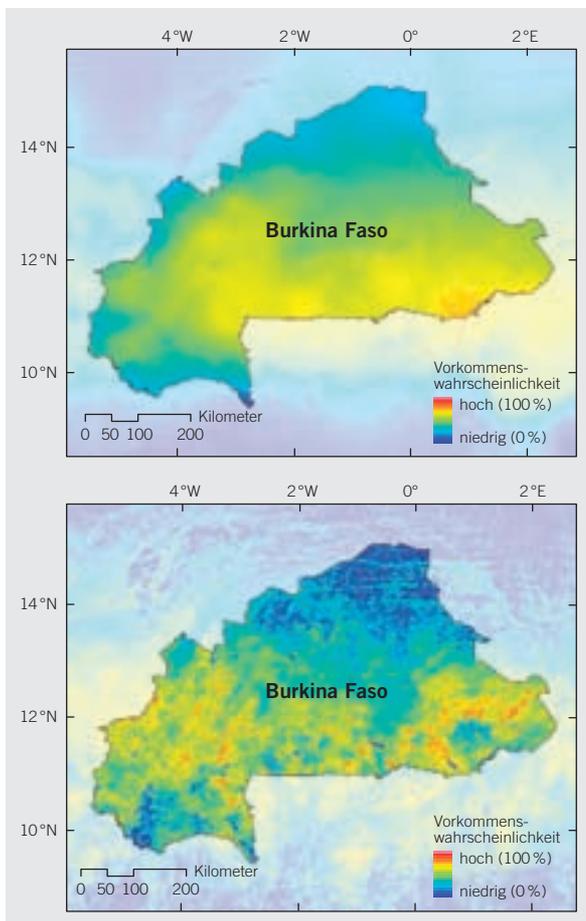
☒ Geländearbeit in der westafrikanischen Savanne Burkina Fasos. Zum Ende der Regenzeit erschwert bis zu drei Meter hohes Gras (*Andropogon gayanus*.) die Aufnahme von botanischen Daten.

In der geobotanischen Abteilung der Universität Frankfurt werden diese Modellierungsansätze aufgegriffen und erweitert, indem die Daten der botanischen Aufnahmen mit hochauflösenden Satellitendaten kombiniert werden (König et al. in press). Im Ergebnis erhält man Karten, welche die bisherigen klimabasierten Verbreitungskarten in ihrer Detailschärfe und Realitätsnähe weit übertreffen. ☒ Der Schlüssel liegt dabei in der Nutzung von Fernerkundungsdaten, die eine Fülle von biophysikalischen Variablen wie Bodenfeuchte, Biomasseverteilung und Landnutzungsfaktoren erfassen können. Trotz dieses großen Potenzials gibt es weltweit bisher kaum Studien, welche die Daten von Erdbeobachtungssatelliten dazu verwenden, die Verbreitungsmuster von Tier- und Pflanzenarten vorherzusagen.

Anwendungsorientierte Perspektiven

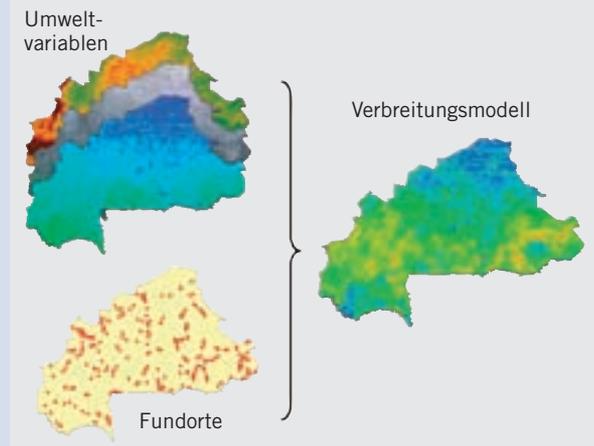
Die hohe Detailschärfe und Realitätsnähe machen diese neuartigen Verbreitungskarten nun erstmals für anwendungsorientierte Maßnahmen auf lokaler bis nationaler Skala interessant. So können die Ergebnisse beispielsweise eingesetzt werden, um Regenerationsmaßnahmen für übernutzte Böden zu unterstützen

☒ Karten der Vorkommenswahrscheinlichkeit der Baumart *Anogeissus leiocarpus* in Burkina Faso, Westafrika. Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich gürtelförmig zwischen dem achten und vierzehnten Breitengrad. Rötliche Bereiche zeigen eine hohe Ähnlichkeit zur ökologischen Nische der Art, die anhand bekannter Fundorte modelliert wurde. An diesen Standorten kommt die Art potenziell eher vor als in den blauen Bereichen. Vergleicht man Verbreitungsmodelle, die auf Klimadaten basieren (oben) mit dem satellitenbildbasierten Verbreitungsmodell (unten), erscheint das untere Bild deutlich detailreicher.



Ökologische Nischenmodellierung.

Die Ökologische Nische beschreibt die Umweltfaktoren, die für das dauerhafte Überleben einer Art im Ökosystem von Bedeutung sind. Dazu gehören biotische Faktoren wie Fressfeinde oder Konkurrenten sowie abiotische Faktoren wie das Klima oder die Bodeneigenschaften. Dieses Konzept ist die Grundlage für die ökologische Nischen- oder auch Verbreitungsmodellierung. Dabei wird zunächst die ökologische Nische der jeweiligen Art definiert. Dies geschieht durch die Kombination von bekannten Fundorten mit örtlichen Umweltvariablen innerhalb eines statistischen Modells. Wurde eine Art in einer größeren Region (zum Beispiel Westafrika) beispielsweise an feuchten und schattigen Standorten gefunden, ist es wahrscheinlich, dass sie dort an Orten mit ähnlichen Bedingungen ebenfalls vorkommt, auch wenn dies zurzeit nicht durch Funde belegt werden kann (weil man noch nicht alle Orte aufgesucht hat und dies wohl auch niemals schaffen wird). Diese Information wird über mathematische Verfahren auf das gesamte Untersuchungsgebiet



übertragen. Dabei bekommen die Werte der Umweltvariablen je nach Ähnlichkeit zum ökologischen Nischenbereich eine niedrige beziehungsweise hohe Wahrscheinlichkeit des Artenvorkommens zugewiesen. Im Ergebnis erhält man ein Modell der Verbreitung (des Areals) einer Art.

und geeignete Habitate für die Wiederansiedlung von Arten auszuwählen, zum Beispiel von Gehölzarten, die in der traditionellen Medizin für die Behandlung von verschiedenen Krankheiten eingesetzt werden (König et al. in prep). Auf lokaler Ebene unterstützen die gewonnenen Karten schon jetzt das Management des Pendjari-Nationalparks in Benin bei der Umsetzung von

Maßnahmen zum Schutz von Elefanten. Im benachbarten Arli-Nationalpark in Burkina Faso sollen die Karten dazu eingesetzt werden, besonders lohnende Gebiete für die nachhaltige Nutzung von Medizinalpflanzen auszuweisen. Landesweite Verbreitungskarten werden zukünftig in Burkina Faso als Grundlage für die Erarbeitung eines nationalen Schutzkonzepts eingesetzt. ♦

Literatur

König, K., Schmidt, M. and Müller, J. (2006) *Delineating patterns of plant diversity in the Sahel zone of Burkina Faso: Modelling of environmental envelopes with high resolution remote sensing data*. In Röder A. and Hill J. (Ed.) Proceedings of the first International Conference on Remote Sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification (RGLDD-05) Trier, Germany: 317–323.

König, K., Runge, J., Schmidt, M., Hahn-Hadjali, K., Agonyissa, D., Agbani, P. and Wieckhorst, A. (2008) *The impact of land use on species distribution changes in North Benin*. In: Runge, J.: *Dynamics of forest ecosystems in Central Africa during the Holocene. Past – Present – Future* Palaeoecology of Africa, 28: 199–206.

König, K., Schmidt, M. and Müller, J. (in press) *Modelling species distributions with high resolution remote sensing data to delineate patterns of plant diversity in the Sahel zone of Burkina Faso* ISPRS book series.

König K., Thiombiano A., Schmidt M. and Hahn-Hadjali K. (in prep) *Predicting the distribution of tree species with remote sensing data in West African savannas*.

United Nations (2002) Johannesburg Summit 2002. Verfügbar unter <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf> überprüft Oktober 2008.

Wittig, R., König, K., Schmidt, M. and Szarzynski, J. (2007) *A study of climate change and anthropogenic impacts in West Africa* Environmental Science and Pollution Research 14 (3): 182–189.

Die Autoren

Dr. Konstantin König, 36, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Ökologie und Geobotanik am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität und am Institut für Physische Geographie. Er ist Koordinator des Workpackage »Geografische Informationssysteme« innerhalb des Forschungsprojekts »SUN« der Europäischen Union (EU). Zurzeit ist er für die Erstellung eines Biodiversitätsatlas im Rahmen des BIOTA-West-Projektverbundes verantwortlich. Der Schwerpunkt seiner Forschungen liegt auf der Analyse von Biodiversitätsmustern mit Fernerkundungsdaten.

Dr. Karen Hahn-Hadjali, 46, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Ökologie und Geobotanik am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität an der Universität Frankfurt. Seit 2001 koordiniert und leitet sie Teilprojekte der Forschungsverbünde »BIOTA West« und des EU-Projekts »SUN«. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Geobotanik und Ökologie.

Prof. Dr. Rüdiger Wittig, 62, ist Leiter der Abteilung für Ökologie und Geobotanik am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität. Seine Forschungsschwerpunkte sind die anthropogenen Veränderungen von Vegetation und Biotopen, der Vegetation und Naturschutz im besiedelten Bereich und der Flora und Vegetation der westafrikanischen Savannen.

K.Koenig@em.uni-frankfurt.de
hahn-hadjali@bio.uni-frankfurt.de
r.wittig@bio.uni-frankfurt.de

Links:
www.biota-africa.de
www.sunproject.dk