

FORSCHUNGS **01** *band*



Nationalpark
Hunsrück-Hochwald





Weißes Waldhyazinthe im Nationalpark Hunsrück-Hochwald

DIE DYNAMIK IM FOKUS

*5 Jahre Nationalpark Hunsrück-Hochwald –
ein wissenschaftlicher Streifzug durch die Forschungslandschaft*

*„Was wir
Ergebnisse
nennen,
ist nur der
Anfang“*

RALPH WALDO EMERSON

Liebe Leserinnen und Leser,

das vorliegende Werk ist der erste Band einer neuen Schriftenreihe, in der das Nationalparkamt Hunsrück-Hochwald über seine Arbeit in den Bereichen Forschung und Monitoring berichtet. Es ist zugleich Rückblick auf die zurückliegenden fünf Jahre seit Gründung des Nationalparks.

Der gesetzliche Auftrag eines Nationalparks beschränkt sich nicht nur auf die Wildnisentwicklung. Der naturdynamische Prozess soll von Forschung und Monitoring, aber auch von Umweltbildung, Naturerleben und Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden. Dabei ist es wichtig, ein Format zu finden, in dem zeitnah, objektiv, wissenschaftlich fundiert und gleichermaßen attraktiv und verständlich berichtet wird.

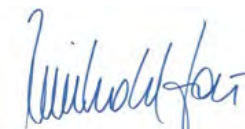
Seit der Gründung des Nationalparks wird in einem Netzwerk gearbeitet. Das Nationalparkamt hat keine eigene Forschungsabteilung, sondern es koordiniert und moderiert Forschungsvorhaben und stößt diese an. Nahezu alle Hochschulen und Universitäten der Länder Rheinland-Pfalz, Saarland und auch darüber hinaus sind im Forschungsverbund um den Nationalpark eingebunden. Auch die Ressortforschungsanstalten der Länder Rheinland-Pfalz (FAWF in Trippstadt), Baden-Württemberg (FVA Freiburg) und Niedersachsen (NW FVA) leisten wertvolle Beiträge. Das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz wirkt von der ersten Stunde an mit. Das Nationalparkamt engagiert sich auf Bundesebene in der Arbeitsgruppe „Forschung“ der Nationalen Naturlandschaften und im Netzwerk für Langzeitmonitoring. Neben vielfältigen naturwissenschaftlichen und ökosystemaren Ansätzen geht man auch sozioökonomischen Fragen nach.

Es wird ersichtlich, wie mannigfach die Fragestellungen an ein Wildnisgebiet sind, das als großflächiges Schutzgebiet den Idealfall eines auf Dauer angelegten Freilandlabors darstellt. Die großen Herausforderungen der heutigen Zeit sind der massive Verlust an Arten und die dramatische Entwicklung unseres Klimas. Vielfältige Maßnahmen zum Schutz der Arten und des Klimas sind erforderlich. Doch überall dort, wo der Mensch versucht, diese auf den Weg zu bringen, benötigt man Referenzen der Natur. Wir wissen noch zu wenig über Zusammenhänge und Abläufe. Wir wissen zu wenig über die Mechanismen, wie die Natur von sich aus Prozesse regelt und welche Dimension dem Faktor Zeit dabei zukommt.

Unser herzlicher Dank gilt allen Forscherinnen und Forschern, die sich in diese herausfordernde und zukunftssträchtige Arbeit gemeinsam mit dem Nationalparkamt einbringen und die in diesem Band als Autorenteam mitwirken. Gleichermaßen sehen wir weiteren Veröffentlichungen mit großem Interesse entgegen.



Anne Spiegel
Staatsministerin



Reinhold Jost
Minister für Umwelt und Verbraucherschutz

Mainz und Saarbrücken, März 2021



Liebe Interessierte,

unser Nationalpark befindet sich im initialen Entwicklungszeitraum. Dieser ist unter unseren Bedingungen auf 30 Jahre ausgerichtet. Danach soll auf der überwiegenden Fläche der naturdynamische Prozess greifen. Der Aufbau eines Nationalparkamtes hingegen soll sich möglichst von Beginn an in vorgegebenen Bahnen bewegen, um den vielfältigen Aufgaben gerecht zu werden.

Treffen hier einerseits Dynamik, freie Entwicklung und Spontaneität sowie andererseits statische Strukturen aufeinander? Lässt sich für Unvorhersehbares und Nichtgeplantes ein passgenaues Design für Forschung und Monitoring entwickeln? Was ist prioritär, was ist „nice to have“? Was muss zu Beginn erfasst werden, wann muss welche Aufnahme wiederholt werden? Und: Was ist bei uns im Vergleich zu anderen Gebieten so besonders, dass man dort einen Schwerpunkt definieren muss? Man ahnt, vor welcher Herausforderung die Kolleginnen und Kollegen des Nationalparkamtes standen und stehen: ein Grundgerüst für den Forschungsplan erstellen und im Rahmen der gegebenen Ressourcen ein praktikables und erfolgreiches System entwickeln.

Der vorliegende erste Band zu Forschungsergebnissen aus der Start- und Aufbauphase des Nationalparks ist neben der rein inhaltlich hohen Wertigkeit ein wunderbares Zeugnis dafür, wie gut dieser Einstieg gemeistert wurde. Er zeigt exemplarisch die erfolgreiche Zusammenarbeit der beteiligten Akteure in einem stetig wachsenden Netzwerk mit zahlreichen Synergieeffekten. Die Herausforderung, gemeinsame Wege zu gehen, Arbeiten und Fragestellungen zu koordinieren und stets auf Langfristigkeit zu achten, ist gelungen. Die Arbeit im Nationalpark und nicht die Arbeit über den Nationalpark und seine Entwicklung bestimmt die Denke. Eine komplexe Sachorientiertheit steht im Vordergrund und lässt dennoch hochgradige fachspezifische Ansätze nicht außen vor.

Sich in die Mitwelt einzubringen und die Kraft der Natur, ihre Abläufe und deren Wirkungen zu verfolgen, begeistert für die Aufgabe Nationalpark. Sie begeistert und verpflichtet gleichermaßen dafür, den Prozess langfristig mit Forschung und Monitoring professionell und objektiv zu begleiten. Verbunden mit dem großen Dank an das gesamte Team sei an dieser Stelle auch zugesichert, diesen Weg weiterzugehen. Ich freue mich auf die nächsten Ergebnisse und die kommenden Ausgaben der Forschungsbände.



hi

Dr. Harald Egid
Leiter Nationalparkamt
Hunsrück-Hochwald

Birkenfeld, März 2021

INHALT

Grußwort <i>Anne Spiegel und Reinhold Jost</i>	5
Vorwort <i>Harald Egidi</i>	7
Die Dynamik im Fokus <i>Andrea Kaus-Thiel</i>	10
› GRUNDLAGEN	
Beitrag 1 Was kann naturwissenschaftliche Forschung in Nationalparks leisten? <i>Jan Rommelfanger</i>	18
Beitrag 2 Entwicklung eines stratifiziert-zufälligen Flächenstichproben-Konzepts für den Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Ernst Segatz, Johannes Stoffels, Eric Haß, Steffen Caspari, Markus Klein, Rainer-Maria Kreten</i>	26
Beitrag 3 Der Forschungsserver <i>Peter Fischer-Stabel, Michael Mattern, Markus Klein</i>	42
› KULTURHISTORIE	
Beitrag 4 Naturschutz und kulturelles Erbe in Deutschlands jüngstem Nationalpark <i>Jörn Schultheiß</i>	50
› WALD & OFFENLAND	
Beitrag 5 Mehr als 35 Jahre Forstliches Umweltmonitoring an Dauerbeobachtungsflächen im heutigen Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Martin Greve, Hans-Werner Schröck</i>	60
Beitrag 6 Rindenwanzen als Naturnähezeiger in den Wäldern des Nationalparks Hunsrück-Hochwald <i>Carsten Morkel, Thomas Frieß</i>	68
Beitrag 7 Soundscape ecology – eine unverzichtbare Stimme des interdisziplinären Forschungsorchesters im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Alfons Matheis, Peter Knebel, Lukas Dietrich</i>	74
Beitrag 8 Veränderungen der Pflanzendiversität in experimentell gestörten Buchenwäldern <i>Sebastian Dittrich, Ole Krautkrämer</i>	82
Beitrag 9 Spechte im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Barbara Froehlich-Schmitt, Ronald Brück, Jörg Dietrich, Simon Mannweiler, Hermann-Josef Thomas, Wilhelm Zimmermann</i>	92
Beitrag 10 Panoramaaufnahmen als prägnante Visualisierung naturdynamischer Prozesse <i>Konrad Funk, Andrea Kaus-Thiel</i>	100

Beitrag 11 Schalenwildmonitoring in den deutschen Nationalparks <i>Christian Fiderer, Marco Heurich, Ilse Storch, Anja Schneider</i>	104
Beitrag 12 Genetisches Wildkatzenmonitoring im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Anja Schneider, Cornelia Ebert, Annina Prüssing</i>	112
Beitrag 13 Wildtiermonitoring im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Anja Schneider, Annina Prüssing, Martin Döscher</i>	120
Beitrag 14 Naturwaldreservate im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Patricia Balcar</i>	130
Beitrag 15 Fledermäuse im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Frank Adorf</i>	140
› ROSSELHALDEN	
Beitrag 16 Arthropodenfauna der Blockhalden im und um den Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Jörn Buse, Karl Hadulla, Volker Hartmann, Hubert Höfer, Hans-Helmut Ludewig, Thomas Wagner</i>	148
Beitrag 17 Felsstandorte und Rosselhalden des Nationalparks Hunsrück-Hochwald als Hotspots der Diversität von Flechten und Moosen <i>Dorothee Killmann, Burkhard Leh, Eberhard Fischer</i>	158
› HANGBRÜCHER & GEWÄSSER	
Beitrag 18 Hangbrücher im südwestdeutschen Mittelgebirge Hunsrück – Ergebnisse des MoorWaldBilanz-Projektes <i>Gebhard Schüler, Christoph Kopf, Jan Paul Krüger, Markus Dotterweich, Angelika Seifert-Schäfer, Christof Kneisel, Julian Trappe, Johannes Stoffels, Sandra Dotzler, Ulrich Dehner, Ulrich Steinrücken, Adam Hölzer, Siegfried Schloss</i>	166
Beitrag 19 Monitoring repräsentativer Flächen im Moorrenaturierungsprojekt <i>Eberhard Fischer, Burkhard Leh, Dorothee Killmann</i>	180
Beitrag 20 Vom Fichtenforst zum Hangmoor <i>Andreas Weber-Theen</i>	190
Beitrag 21 Der ökologische Zustand der Bäche im Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Wolfram Remmers, Thomas Meißner, Stefan Stoll</i>	200
Beitrag 22 Die Armblütige Segge <i>Hans Reichert, Beiträge von Barbara Ruthsatz</i>	208
Beitrag 23 Kartierung der Verbreitung einiger Torfmoose im und um den Nationalpark Hunsrück-Hochwald <i>Adam Hölzer</i>	222
Beitrag 24 Evaluation von Wiedervernässungsmaßnahmen in Hangmooren des Nationalparks Hunsrück-Hochwald <i>Julian Zemke</i>	234
Beitrag 25 Verbesserung des Abflussregimes der Hangmoore im Nationalpark Hunsrück-Hochwald durch Umbau von Forstwegen <i>Tamara Seidl</i>	244

DIE DYNAMIK IM FOKUS

*Wissenschaftliche Begleitung des Werdens und Vergehens,
des Agierens und des Zurücknehmens*

„Wenn die Neugier sich auf ernsthafte Dinge richtet, dann nennt man sie Wissensdrang.“ (Marie von Ebner-Eschenbach) – Die Neugier und der Wissensdrang sind den Menschen, insbesondere denen, die sich der Forschung verschrieben haben, immanent. Das Fragen, Wundern, Herausfinden wollen, Lernen und der Wissenszuwachs sind an Neugier gebunden. Dieser Wissensdrang ist auch im Nationalpark Hunsrück-Hochwald der Antrieb zu kontinuierlicher Grundlagenforschung und der Beobachtung der vom Menschen nahezu unbeeinflussten, dynamischen, natürlichen Prozesse zum besseren Verständnis der Ökosysteme und der Veränderung der Biodiversität. Über die naturwissenschaftlichen Aspekte hinaus sind auch Fragen der sozialen, kulturellen und ökologisch-sozioökonomischen Entwicklungen von zentralem Interesse. Diese Kernanliegen im Bereich Forschung und Monitoring finden ihre Legitimation im Staatsvertrag der Länder Rheinland-Pfalz und dem Saarland (§12 Staatsvertrag). Forschung und Monitoring erfolgen in enger Verzahnung und führen gemeinsam zu fundierten Erkenntnissen hinsichtlich komplexer Prozesse im Nationalpark und darüber hinaus. Die Interpretation von Monitoring-Daten bedarf oftmals einer zusätzlichen Klärung durch vertiefende Forschungsprojekte. Außerdem können die Ergebnisse aus der Forschung eine Grundlage für ein anschließendes Monitoring liefern oder zur Optimierung von Monitoringverfahren führen. Unser Fokus liegt dabei auf Besonderheiten der Nationalparks im Allgemeinen und des Nationalparks Hunsrück-Hochwald im Speziellen.

Einleitung

Alle Nationalparks haben eine grundlegende Gemeinsamkeit: die natürliche Altersstruktur der Biozöten – von Naturverjüngung bis Zerfallsphase und von Geburt bis Absterben. Durch einen ungestörten Ablauf der Naturvorgänge verfügen insbesondere Nationalparks über einen hohen Anteil an Totholz, Bäumen mit Biotopstrukturen und auch Tierkadavern. Daraus resultierend entsteht sukzessive ein sich stetig veränderndes Umweltgefüge, das wir aufgrund der nahezu flächendeckenden anthropogenen Einflüsse oftmals nicht mehr antreffen und wahrnehmen können – bizarre Wuchsformen, außergewöhnliche Artenzusammensetzungen, Strukturen und viele Veränderungen, die sich oftmals außerhalb unserer Vorstellungskraft befinden. Weitere, spezielle Besonderheiten des Nationalparks Hunsrück-Hochwald sind Sonderstandorte wie Hangbrücher und Rosselhalden im Spannungsfeld der hydrologischen Extreme außerordentlicher Nässe und Trockenheit sowie die vielfältige

- > Monitoring liefert Daten aus fortlaufenden oder periodischen Erfassungen.
- > Forschung beantwortet konkrete Fragestellungen in definierten Zeiträumen.

kulturhistorische Vergangenheit des Gebietes, die sowohl den Menschen als auch die Natur des Raumes entscheidend geprägt hat und im Verständnis der Entwicklungen im Nationalpark eine wichtige Rolle spielt.

Der Forschung und dem Monitoring im Nationalpark Hunsrück-Hochwald liegen zwei entscheidende Intentionen zu Grunde – die Beobachtung des Agierens und des Zurücknehmens.

Da es sich beim Nationalpark Hunsrück-Hochwald um einen Entwicklungsnationalpark handelt, können wir in einem Zeitraum von 30 Jahren ab dem Gründungsjahr 2015 in den Entwicklungsbereichen noch initiale Verän-

derungen in den Biotopen vornehmen, die z. B. die Waldentwicklung im Kontext des Anrainerschutzes oder die Renaturierung von Gewässersystemen betreffen, bevor wir auch diese Gebiete in den Prozessschutz entlassen.

In der Pflegezone sind dauerhaft Maßnahmen des Arten- und Biotopschutzes möglich. Hier liegen z. B. Naturschutzgebiete, die einer dauerhaften Pflege bedürfen, um erhalten zu werden. Das heißt, der Nationalpark vereint den klassischen aktiven Naturschutz (Arten- und Biotopschutz) in der Pflegezone mit dem Prozessschutz (freie, unbeeinflusste Naturdynamik) in der Naturzone.

Um diese Maßnahmen zu evaluieren und zu optimieren, ist die wissenschaftliche Begleitung und Bewertung eine wichtige und hochinteressante Aufgabe.

Besonders spannend ist der Ansatz mit dem Ziel, die natürlich ablaufenden Prozesse zu erforschen, um Zusammenhänge im Ökosystemgefüge besser zu verstehen. Hierbei steht nicht im Fokus, jeden Winkel des Nationalparks bis ins Detail zu untersuchen. Vielmehr liegt es in unserem Bestreben, den Wandel, die Veränderung und die Anpassung der Lebensgemeinschaften und Habitatstrukturen möglichst störungsarm zu beobachten und zu dokumentieren.

Die wissenschaftliche Basis für das Verständnis und die Interpretation von Veränderungen und gegebenenfalls die Grundlage für eine vertiefende Forschung bildet das Monitoring. Es umfasst die fortlaufende oder periodische Erfassung mittels standardisierter methodischer Ansätze und die Dokumentation von Zuständen oder Prozessen und der auf sie einwirkenden Faktoren.

Die stetige Entwicklung großräumiger Wildnisbereiche unter Rücknahme anthropogener Eingriffe, die Konzentration von Störungen und eine vermehrte Unzerschnittenheit des Gebietes, z. B. durch die Umsetzung des Wegeplans oder die Ausweisung der Wildruhezone, haben Auswirkungen auf die Biozönose. Diese Veränderungen beobachten wir in einem Langzeitmonitoring.

Eine Grundbestandserfassung ist in den meisten Artengruppen erforderlich, um eine Bewertung der qualitativen und quantitativen Entwicklung des Arteninventars durchführen zu können.

Um möglichst große und zusammenhängende Bereiche von Störungen freihalten zu können, konzentrieren wir Monitoringvorhaben, bei denen technische Hilfsmittel vonnöten sind, auf Referenzflächen. Im Sinne des Nationalparkgedankens wird darauf geachtet, dass Untersuchungen möglichst minimalinvasiv sind, damit sie die Standortverhältnisse nicht nachhaltig beeinflussen.

Zum besseren Verständnis der Veränderungen im Umweltgefüge können Indikatoren hilfreich sein. Dabei

§ 12 Wissenschaft und Forschung

(1) Das Nationalparkamt führt eigene wissenschaftliche Untersuchungen durch und wirkt auf die Durchführung externer Forschungsvorhaben im Nationalpark hin. Sie sollen sich auf den Bestand, die Erhaltung und die Entwicklung des Nationalparks beziehen und haben insbesondere zum Ziel:

1. den Aufbau und die Entwicklung der natürlichen und naturnahen Lebensgemeinschaften zu erkunden und zu dokumentieren, 12/65

2. Erkenntnisse über menschliche Einwirkungen auf Lebensräume und Ökosysteme sowie über ökosystemare Veränderungen für den Naturschutz, die Forstwissenschaft und die forstliche Praxis zu liefern und

3. die Nationalparkverwaltung bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen.

(2) Das Nationalparkamt dokumentiert die für die Beschreibung, Erhaltung und Entwicklung des Nationalparks erforderlichen Daten sowie die Ergebnisse von gebietsbezogenen Untersuchungen. Die Dokumentation ist allgemein zugänglich zu machen.

Quelle: Staatsvertrag zwischen dem Land Rheinland-Pfalz und dem Saarland über die Errichtung und Unterhaltung des Nationalparks Hunsrück-Hochwald (SV-NLPHH 2015)

handelt es sich um repräsentative, möglichst einfach zu untersuchende Messgrößen, die als Anzeiger für schwieriger zu erfassende Zusammenhänge genutzt werden können. So kann das Vorhandensein bestimmter Arten unter anderem den Zustand eines Ökosystems darstellen.

Des Weiteren ist bei der Beobachtung von Arten, Artengruppen und Habitaten die Einbeziehung meteorologischer bzw. klimatischer Faktoren unablässig. Die anthropogen verursachte Verschiebung der klimatischen Verhältnisse hat bereits jetzt einen unübersehbaren Einfluss auf die Dynamik in Ökosystemen. Hierbei sind lokale Extremereignisse wie heiße, trockene Sommer, Starkregen und Sturm, späte Nachtfroste etc. von viel stärkerer

Monitoring-Ansätze

Das Monitoring fokussiert zunächst die Arten, Artengruppen und Teillebensräume, die eine besondere Relevanz für den Nationalpark haben, weil sie

- in besonderem Maße auf Maßnahmen reagieren = **maßnahmenrelevante Arten** (starke Zunahme / Abnahme);
- durch Nichtnutzung profitieren (**Naturnähezeiger**);
- besonders auf Verwilderung und natürliche Dynamik reagieren (**Zeiger natürlicher Prozesse**);
- **Ökosystem-Schlüsselarten** oder Arten mit **integrativer Indikatorfunktion** sind (z. B. bestimmte Waldfledermausarten, Rindenwanzen, Schwarz- und Grauspecht, Torfmoose, Stecknadelflechten), benthische Makroinvertebraten, Fische);
- für den Nationalpark **typisch** und **repräsentativ** und zugleich **selten/gefährdet** sind (Arten der Brücher, Quellen/Bachoberläufe und Felsstandorte);
- Arten mit besonderer **biogeographischer Verantwortung** (z. B. Wildkatze) sind;
- **Artenschutzrelevanz** haben (z. B. FFH-Arten und Lebensraumtypen in der Pflegezone).

Relevanz als die Veränderung der Mittelwerte der jeweiligen Messgrößen über einen langen Zeitraum. Im Extremfall kann ein „Katastrophenereignis“ ausreichen, um eine Population auszulöschen oder um Habitatbedingungen nachhaltig zu verändern. In der Entwicklungsgeschichte gelten derartige Störungsereignisse meist als Motor der Evolution. Allerdings ist die heute durch den anthropogenen Klimawandel zu beobachtende Rasanz und Intensität der Entwicklungen beispiellos.

Der Mensch verändert sein eigenes Habitat in einer Geschwindigkeit und in einem Ausmaß, dass die Folgen bis in die letzte Konsequenz noch nicht erfasst werden können.

Der Nationalparkgrundgedanke, Natur Natur sein zu lassen, bietet uns die Möglichkeit, die Antwort der Natur auf diese sich rapide verändernden klimatischen und damit auch standörtlichen Verhältnisse zu beobachten und daraus Lehren für unsere eigenen Anpassungsstrategien zu ziehen.

Forschung

Da dem Nationalparkamt keine eigene Forschungsgruppe, keine eigenen Labore und nur sehr wenige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Verfügung stehen, ist eine enge Zusammenarbeit mit der FAWF (Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft), externen Instituten, Universitäten, Hochschulen und ehrenamtlichen Experten etc. immens wichtig. Hierbei fließen die unterschiedlichsten Erfahrungswerte, Wissenshintergründe, Spezialisierungen, Ideen und Blickwinkel zusammen. Durch die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteursgruppen lassen sich Synergien nutzen, redundante Datenerhebungen vermeiden und unnötige Störungen im Gebiet reduzieren. Hilfreich sind dabei die thematischen Arbeitsgemeinschaften, in denen sich die Forschenden austauschen, absprechen und zu Projekten zusammenfinden können.

Im konstruktiven Disput kann die Nutzung der „Schwarmintelligenz“ zu kreativen, effektiven und effizienten Forschungsansätzen führen, denn allen im National-



Fotofallen-Aufnahme eines Hirsch-Kadavers



DIE AUTORIN

Dr. Andrea Kaus-Thiel, Diplombiologin, ist seit 2016 im Nationalpark für den Bereich Forschung und Monitoring zuständig. Ihr primäres Aufgabenfeld besteht in der Koordinierung, Zusammenführung und Vernetzung von Wissenschaftler*innen, die die unterschiedlichsten Themenfelder des Nationalparks erforschen. Mit ihnen erarbeitet sie nationalparkrelevante Fragestellungen, geeignete Untersuchungsareale und adäquate Forschungsmethoden, um den komplexen Zusammenhängen in der Natur näherzukommen.

park Forschenden ist neben der fachlichen Kompetenz eines gemeinsam: die Triebfeder aus Herzblut, Begeisterung und einer gehörigen Portion Neugier. Einen ersten Einblick bietet dieser Forschungsband.

Das Nationalparkamt koordiniert die agierenden Institutionen, Forscherinnen und Forscher und entscheidet über nationalparkrelevante wissenschaftliche Aktivitäten. Die erarbeiteten Ergebnisse aus den verschiedenen AGs werden zusammengeführt, verschnitten und im Austausch miteinander interpretiert.

Einen weiteren wichtigen Aspekt liefert die Einbindung der erhobenen Daten in nationale und internationale wissenschaftliche Netzwerke, z. B. andere Nationalparks und Großschutzgebiete, LTER (long term ecological research), Nationale Naturlandschaften e. V. etc. Sie tragen somit zu einem besseren Verständnis globaler Zusammenhänge und Dynamiken bei.

Schließlich möchten wir natürlich die Öffentlichkeit an den gewonnenen Erkenntnissen teilhaben lassen – mittels punktueller Einblicke im Zuge der monatlich stattfindenden Nationalpark-Akademien, als Überblick über alle Projekte und Aktivitäten auf unserem Forschungsserver oder durch die wissenschaftlichen Artikel in diesem Forschungsband – damit auch ihre Neugier auf die Natur und ihre Geheimnisse geweckt wird.

Eine kontinuierliche Grundlagenforschung und die Beob-

achtung der vom Menschen nahezu unbeeinflussten, dynamischen, natürlichen Prozesse ist im Bereich Forschung und Monitoring unsere primäre Aufgabe. Dennoch muss, trotz unserer wunderbaren Neugier und unseres fruchtbaren Wissensdrangs, als höchstes Gebot die Ungestört-heit der Natur und ihrer Dynamik stets im Fokus stehen. Wir müssen uns bewusst bleiben, dass, auch wenn eine Einzeluntersuchung noch so schonend und störungsarm scheint, die Summe der wissenschaftlichen Erhebungen eine entscheidende Beeinflussung des natürlichen Systems darstellen kann. Unser eigentliches Ziel, die Beobachtung und Dokumentation der ungestörten Entwicklung, könnte damit konterkariert werden.

Auch wenn es im Wesen des Menschen liegt, alles wissen, verstehen und beeinflussen zu wollen, kann es (im Nationalpark Hunsrück-Hochwald) nicht das Ziel sein, jede Art, jeden Prozess und jeden Stofffluss zu untersuchen. Der Grundgedanke des ungestörten Ablaufs natürlicher Dynamik muss stets im Fokus bleiben. Umso wichtiger ist es, im Bereich der Forschung und des Monitorings Indikatorarten und repräsentative Systeme zu identifizieren, anhand derer sich Naturvorgänge beobachten, beschreiben und bestenfalls verstehen lassen.

Langfristig sind dennoch gesicherte Prognosen schwierig, welchen Verlauf naturdynamische Prozesse nehmen, wie sich Biotope und Artenzusammensetzungen entwickeln, wie sich Klimaveränderungen auswirken und welche Effekte sich durch Maßnahmen und Eingriffe einstellen werden – die Natur bestimmt den Weg.

Und wir bleiben neugierig und sammeln Wissen, das uns Schritt für Schritt dem Verständnis des „Großen Ganzen“ näherbringt ...

Nationalpark-Akademie

Im Rahmen der Nationalpark-Akademie werden Veranstaltungen, Vorträge, Workshops und Exkursionen mit Experten zu bestimmten Themen im Nationalpark angeboten. Die Veranstaltungen finden immer am 4. Montag des Monats statt.



Die Dynamik der Forschung

TAGFALTER & WIDDERCHEN

Kartierung

Dauerbeobachtung

MAKROZOOBENTHOS

Messstation

Dokumentation

RINDENWANZEN

AAS

ROSSELHALDEN

Untersuchung

Sozioökonomisches Monitoring

WILDKATZEN

NEOBIOTA

LIBELLEN

ARTHROPODEN

NATURWALDRESERVATE

REPTILIEN

Pegel

Messungen

FLEDERMÄUSE

GEWÄSSER

BRUTVÖGEL

Erfassung

MOOSE

OFFENLAND

Telemetrie

BORKENKÄFER

AMPHIBIEN

HUNSRÜCKBRÜCHER

WALD

SCHALENWILD

EULEN

Analyse

Kulturhistorie

SPECHTE

Akustik

POLLEN

FISCHE

KÄFER

HANGMOORE

BIBER

ALGEN

Panoramaaufnahmen

FLECHTEN

KÖCHER- & STEINFLIEGEN

PILZE

QUELLBIOTOPE

VEGETATION

Malaisefallen

BÖDEN

BRUT- & HÖHLENBÄUME

WAS KANN NATUR- WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG

*... in Nationalparken leisten?
Bedienungsanleitung zur Nutzung von Forschung
und deren Ergebnissen im Nationalpark*

In Nationalparken ist das oberste Ziel, den möglichst ungestörten Ablauf der Naturvorgänge in ihrer natürlichen Dynamik zu gewährleisten (§24 BNatSchG). Soweit es dieser Schutzzweck zulässt, soll darüber hinaus auch wissenschaftliche Umweltbeobachtung durchgeführt werden. Dieser Auftrag wird unter anderem in der Convention on Biological Diversity (Artikel 12), der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt (Handlungsfeld C15) und den IUCN-Richtlinien für Schutzgebiete (Kategorie II, Dudley 2008) bekräftigt. Die derzeit 16 deutschen Nationalparke unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht: Sie existieren unterschiedlich lang, jeder hat eigene naturräumliche Voraussetzungen, sie sind nicht einheitlich groß oder gleich geformt. Auch in der Forschung gehen die Nationalparke nicht nach einem vorgegebenen Muster vor. Vielfach werden individuelle Vorgehensweisen entwickelt, die auf das eigene Gebiet angepasst sind. Und doch verbindet sie eine ähnliche Intention. Es existieren wenig Studien, welche die Forschungsarbeit der deutschen Nationalparke vergleichend unter die Lupe nehmen. Die Bandbreite und Zielrichtung dieser Forschung soll im Folgenden dargestellt werden.

Welches Wissen wird in Nationalparken generiert?

Seit Tausenden Jahren ist der Mensch an der Erkundung und Beschreibung seiner Umwelt und deren Gesetzmäßigkeiten interessiert, wie nicht zuletzt die Himmelscheibe von Nebra belegt (e.g. Hansen und Rink 2008). Neben der Suche nach Schutz, Ernährung und Fortpflanzung besteht für Menschen scheinbar ein inhärenter Forscherdrang. Den Gründen, Zielen und Möglichkeiten des forschenden Menschen gehen u. a. die Wissenschafts- und die Erkenntnistheorie nach (e.g. Schnädelbach 2002, Vollmer 2008). Zentrale Bedeutung nimmt dabei der Begriff der Kausalität ein. Sie beschreibt vereinfacht, dass jeder Wirkung Ursachen zugrunde liegen. Aus diesen Zusammenhängen können Beziehungen, Regeln und Theorien abgeleitet werden (vgl. Schüle in und Reitze 2016).

Das Wissen über Zusammenhänge in der Natur kann in vielfältiger Weise zum Nutzen des Menschen sein. Bionik nutzt dieses Wissen zu technischen Entwicklungen, Phyto- und Pflanzenmedizin zur Optimierung der Nahrungsmittelproduktion, Pflanzenmedizin zur Verbesserung des Gesundheitswesens, Politik nutzt Ergebnisse zur Lösung von Verteilungskonflikten etc.

Bei keiner Erkenntnis, die Wissenschaft hervorbringt, kann sicher davon ausgegangen werden, dass es sich um absolute Wahrheiten handelt. Wissenschaft kann vielmehr

als Diskurs über Wahrscheinlichkeiten erfasst werden. Wissenschaftliche Publikationen werden in der wissenschaftlichen Community durchleuchtet, abgetastet, bewertet und diskutiert. Ergebnisse oder deren Interpretationen können sich in der Zukunft als falsch herausstellen, sie können aber ebenso bestätigt und vielleicht sogar detaillierter beschrieben werden.

Auch in Nationalparken wird versucht, Gesetzmäßigkeiten zu erfassen und zu beschreiben. Die Mittel dazu sind Forschung und Monitoring. Diese Ansätze verfolgen eine Reihe von Intentionen und werden in vielfältigen Zusammenhängen genutzt. Dabei können im Wesentlichen zwei Bereiche abgegrenzt werden:

- Darstellung der natürlichen Entwicklung
- Evaluierung des Flächenmanagements

Darstellung natürlicher Entwicklung

In Nationalparken besteht die einmalige Chance, Zustände, Prozesse und Veränderungen zu beschreiben, die ohne den Einfluss des Menschen bestehen und ablaufen. Somit ist der Wunsch nach Erforschung ungestörter Abläufe einerseits selbst Legitimationsgrundlage für die Existenz von Nationalparken (Freiluftlabor), weil sie ohne Nationalparke nicht stattfinden könnten. Andererseits liefert die Forschung weitere, naturwissenschaftliche oder

01



Abbildung 1: Windwurf im Nationalpark. Den Effekten solcher natürlichen Störungen widmen sich Forschung und Monitoring. Foto: Wilhelm Huwer

sozialwissenschaftliche Erkenntnisse, welche die Existenz von Nationalparks legitimieren. Die Entscheidung, große Flächen sich selbst zu überlassen, soll mit einem konkreten Nutzen gerechtfertigt werden (vgl. Peters 2017). Dies ist umso verständlicher, da der Nutzen von Nationalparks als Schutzgebiet oder des Prozessschutzes als Strategie regelmäßig in Frage gestellt wird (e.g. Schulze und Ammer 2015). Forschung und Monitoring sind daher sinnigerweise bedeutende und notwendige Aufgaben der Nationalparke. Durch Forschung und Beschreibung der natürlichen Vorgänge und des Managements in Nationalparks wird das Handeln zudem transparent gemacht. Die Akzeptanz als wichtiger Baustein für das Gelingen von Großschutzgebieten profitiert dadurch (vgl. Egidi 2015).



Abbildung 2: Der Befall durch Borkenkäfer tritt meist nicht plötzlich auf, sondern breitet sich zwiebelschalenartig aus. Gradationen bauen sich im Verlauf mehrerer Jahre auf. Foto: KWL

Zusammenhänge im Netz des Lebens können z. T. ausschließlich in diesen Gebieten stattfinden, weil sie auf dem Großteil des Landes anthropogen überprägt sind. Dabei muss sich der Mensch aber in Geduld üben, denn Veränderungen laufen häufig sehr langsam ab. Lediglich in natürlichen Störungen treten sie mitunter schlagartig auf (vgl. Baur 2014). Die Entwicklung von Populationen unterliegt jährlichen Schwankungen, Gradationen bauen sich über Jahre auf, Effekte auf andere Organismen wiederum treten zeitversetzt erst in den Folgejahren auf. Forschung in Schutzgebieten greift daher oftmals auf lange Zeitreihen zurück. So können auch globale Trends und deren regionale Ausprägung in Nationalparks beschrieben werden (e.g. Klimawandel: Bässler 2009).

Forschung und Monitoring stellen Daueraufgaben dar. Die Vorstellung eines stabilen, ökologischen Gleichgewichts, welches einmal beschrieben keine Veränderung mehr aufweist, kann in der Natur nicht festgestellt werden. Die Regel sind Veränderungen, Schwankungen und das Auftreten plötzlicher, unvorhergesehener Ereignisse. Tempo, Art und Stärke variieren dabei räumlich. Auch in den ältesten Nationalparks Europas heißt es daher: *Panta rhei*.

Die Aussagefähigkeit und Übertragbarkeit von Momentaufnahmen wird durch diese räumlichen und zeitlichen Unterschiede erheblich eingeschränkt. Lange Zeitreihen und die Berücksichtigung vieler Messpunkte in verschiedenen Gebieten können dazu beitragen, höhere Aussagefähigkeit zu erzeugen. Darum ist es wertvoll, in

Forschungsverbünden und Netzwerken übergreifende Ansätze zu verfolgen. Möglichkeiten dazu bieten die Netzwerke z. B. über Nationale Naturlandschaften e. V. oder LTER (Long-Term Ecological Research). Gleichzeitig leidet unter einer starken Generalisierung die Operationalisierbarkeit für das Management einzelner Flächen. Forschung in Nationalparks ist demnach gut aufgestellt, wenn sie beide Ansätze, lokal und übergreifend verfolgt.

Eine wichtige Rolle in der Darstellung von Veränderung nehmen Störungen ein, sowohl natürliche als auch anthropogene. Dabei sind weder der Begriff der Störung noch ihre Auswirkungen einfach zu fassen (Stock et al. 1994). Nationalparke unterscheiden sich von bewirtschafteten Wäldern insbesondere im Umgang mit natürlichen Störungen. Während Windwürfe, Insektenbefall oder Waldbrände außerhalb von Nationalparks regelmäßig Maßnahmen nach sich ziehen, werden innerhalb insbesondere die Auswirkungen beobachtet, wenn nicht eingegriffen wird (e.g. Dittrich et al. 2016).

Die Erforschung ungestörter Abläufe bringt die handelnden Akteure stellenweise in ein Dilemma. Auch die Forschenden in Nationalparks müssen sich der Frage stellen, welche anthropogene Störung von ihnen ausgeht. Einige der Nationalparke sehen in vielen Forschungsvorhaben einen Einfluss auf den ungestörten Ablauf der Naturvorgänge. Die Exploration findet bis in die letzten Winkel der Flächen, auch in sensiblen Bereichen wie Feuchtgebieten, stellenweise bis in die Kronen der Bäume statt. Forschung, welche auch außerhalb des Nationalparks stattfinden kann, soll daher zum Wohle der Störungsarmut oftmals nicht im Nationalpark durchgeführt werden. Innerhalb der Nationalparke werden nicht-invasive Methoden bevorzugt, zeigen sie doch einen Ausweg aus der Dilemma-Situation. Heute bieten beispielsweise Methoden der Fernerkundung dazu eine breite Palette an Möglichkeiten. Für viele Vorhaben wird dennoch der Gang ins Gebiet auch in Zukunft unerlässlich bleiben.

Vergleich von Artenvorkommen zu verschiedenen Zeitpunkten

Obwohl in Nationalparks Prozesse im Fokus der Schutzbemühungen stehen und nicht einzelne Arten oder Lebensräume, so bezieht sich Forschung in den NLP doch häufig auf Arten. Kaum eine Artengruppe, die nicht in einem NLP untersucht würde, aber auch kein NLP, der es schaffen könnte, jede einzelne Artengruppe regelmäßig zu erfassen. Von Mollusken über Ektomykorrhizen, Flechten bis hin zur Vegetation als Ganzes (e.g. Kudernatsch et

al. 2016). Die Arten stehen dabei meist nicht für sich, sondern fungieren oft als „Zeiger“ (e.g. Bradtka et al. 2010). So genannte Umbrella- (e.g. Futoshi 2018), Indikator- (Köhler und Eggers 2012) oder Keystone-Species (Valls et al. 2015) repräsentieren dabei Artengruppen, Lebensgemeinschaften oder Lebensbedingungen. Auch die Naturnähe wird immer wieder an Arten, Artengruppen oder Strukturen festgemacht (e.g. Menzler-Henze und Frede 2018).

Die Darstellung dieser natürlichen Dynamik ist eine Herausforderung, die sich einiger Hilfsmittel bedient. Eine Möglichkeit besteht darin, Artenvorkommen zu verschiedenen Zeitpunkten zu untersuchen.



DER AUTOR

Jan Rommelfanger ist
Leiter der Abteilung

Forschung, Biotop- und Wildtiermanagement im Nationalpark Hunsrück-Hochwald sowie stellvertretender Leiter des Nationalparkamtes. Er hat einen Masterabschluss in Forstwissenschaften/Forest Sciences der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Dort promoviert er zurzeit an der Professur für Forst- und Umweltpolitik.

Neben der isolierten Betrachtung einzelner Arten besteht in Nationalparks Erkenntnisinteresse insbesondere an deren Vernetzung, der Interaktion und der Abhängigkeiten. In der Diskussion um die Auswirkungen menschlichen Tuns kann so dargestellt werden, inwiefern es nicht singuläre, sondern interdependente, weitreichende Folgen auf eine Vielzahl von Lebewesen hat, wenn der Mensch eingreift.

Die reine Anzahl an Arten ist dabei zwar leicht greifbar und jedermann verständlich, doch greift sie für eine naturwissenschaftliche Bewertung zu kurz. Schließlich ist es nicht Auftrag der Nationalparke, eine möglichst hohe Artenzahl auf der Fläche vorzuweisen. Hier helfen Diversitäts-Indices, die Detailschärfe zu erhöhen und fundiertere Aussagen treffen zu können. Eine besondere Rolle nehmen hier seltene, bedrohte oder störungsempfindliche Arten ein. Häufig wird dabei auch versucht, Arten oder Artengruppen einen Wert monetärer Art oder einen naturschutzfachlichen Wert beizumessen (e.g. Langer et al. 2014).

Aus dem Wissen über das Vorkommen einer Art lässt sich keine Aussage über die Qualität eines Nationalparks, die Erreichung seiner Ziele oder den Erfolg des Managements treffen. Hinzu kommt, dass das reine Vorkommen einer Art einen Zustand, nicht aber eine Entwicklung oder

einen Prozess darstellt. Die Beschreibung dessen wird erst durch einen Vergleich mit anderen Flächen oder am gleichen Ort zu verschiedenen Zeitpunkten möglich.

Die mit naturwissenschaftlichen Methoden erfasste Veränderung von Ökosystemen entspricht dabei nicht immer der vom Menschen wahrgenommenen Veränderung. Diese Wahrnehmung wird mittels sozialwissenschaftlicher Studien erfasst.

Evaluierung des Flächenmanagements

Die Nutzung der Landschaft im Allgemeinen und der Wälder im Besonderen stellt eine Verteilungsaufgabe dar, der vielfältige, unterschiedliche Interessen zugrunde liegen (e.g. Klotz et al. 2016). Forschung und Monitoring in Nationalparks können Hinweise zum Flächenmanagement sowohl innerhalb dieser Schutzgebiete als auch zu anderen Landnutzungsformen außerhalb liefern (e.g. Schulte et al. 2015). Im Fokus stehen dabei oftmals Effizienz, Effektivität und Nachhaltigkeit.

Forschung und Monitoring sollen das Management der Nationalparke unterstützen. Neben der Untersuchung der Ausstattung und der Veränderung von Nationalparks steht daher regelmäßig auch das Nationalpark-Management im Fokus wissenschaftlichen Interesses. Dort,

wo vom Nichteingriffsmanagement abgewichen wird, soll begründet werden, die Effizienz überprüft oder verschiedene Ansätze gegenübergestellt werden.

Zentrale Untersuchungsobjekte sind das Waldschutz-Management zum Schutz benachbarter Wälder und das Wildtiermanagement (e.g. Kemkes 2009). Daneben werden auch Praktiken zum Arten- und Biotopschutz oder Renaturierungsmaßnahmen in Nationalparks wissenschaftlich begleitet (e.g. Kobel 2009). Bei der Planung dieser Maßnahmen spielen Bezugspunkte aus der Vergangenheit eine Rolle, um Ziele zu definieren, hier kommen Ansätze z. B. der Archäobotanik zur Geltung (e.g. Rösch 2015).

Eine zentrale Rolle in Landnutzungskonflikten stellt das Vorkommen von seltenen, gefährdeten oder geschützten Arten dar. Deren Auftreten oder Trends in der Populationsentwicklung können helfen, das Management zu bewerten und zu optimieren.

Wird bspw. im Vergleich des Vorkommens seltener Arten zu verschiedenen Zeitpunkten festgestellt, dass eine bestimmte Nutzungsform zu Rückgängen geführt hat, so kann dies einen Anpassungsbedarf des Managements implizieren. Wird festgestellt, dass in Nationalparks seltene Arten vorkommen, zu deren Schutz andersorts intensive und kostspielige Naturschutzmaßnahmen durchgeführt werden, werden Möglichkeiten aufgezeigt, Naturschutzziele effizienter zu erreichen.



Abbildung 3: Rücken mit dem Pferd. Überall, wo der Mensch eingreift, soll das Maß der Störung, die davon ausgeht, minimiert werden. Foto: Konrad Funk

IM ÜBERBLICK

- > Nationalparke forschen v. a., um die Veränderung der Natur darzustellen, wenn sich der Mensch zurückzieht
- > Forschung und Monitoring helfen Nationalparks und anderen Landnutzern, ihr Management zu optimieren
- > Arten nehmen eine wichtige Rolle in der Nationalparkforschung ein
- > Forschung und Monitoring sind nie abgeschlossen. Sie leben von der Veränderung im Gebiet und dem Diskurs in der wissenschaftlichen Community

Gleichzeitig erwächst jedoch aus dem Vorkommen seltener Arten in Nationalparks häufig die Forderung, Schutzmaßnahmen zu ergreifen, wie sie in anderen Schutzgebietskategorien üblich sind. Hier muss eine Abwägung der Ziele innerhalb der Nationalparke erfolgen. Wissenschaft kann dabei im Wesentlichen Datengrundlagen zur objektiven Bewertung liefern, nicht jedoch Hinweise zur Priorisierung von Zielen.

In vielen Nationalparks wird das lokale Aussterben einzelner Arten als Teil natürlicher Dynamik in Kauf genommen. Forschung und Monitoring in Nationalparks müssen daher eine Betrachtungsebene wählen, welche aufzeigt, dass auf der anderen Seite neue Lebensräume entstehen, die wiederum seltenen Arten zum Vorteil sind. Andernfalls werden Nationalparks im Vergleich mit anderen, statischeren Landnutzungsformen im schlechtesten Falle Verschlechterungen attestiert.

Damit Wissenschaft einen Impact liefert, die Ergebnisse genutzt werden, muss das Wissen zugänglich gemacht werden. Dabei reicht die Bandbreite der Publikationen von Fachzeitschriften über Tagungsbände, Schriftenreihen bis hin zu Monografien oder Veröffentlichungen von Abschlussarbeiten. Sowohl in Papierform als auch rein als Online-Version wird das Wissen der forschenden Community zugänglich gemacht, zitiert oder Gegenpositionen werden formuliert. Letztlich gelangen die Erkenntnisse durch das Aufgreifen in (politischen) Programmen und Projekten auf die Fläche. Manch ein Flächenbewirtschafter wird schlichtweg durch das Lesen eines Artikels



Abbildung 4: Der Lilagold-Feuerfalter (*Lycaena hippothoe*): Bewohner des Nationalparks und auf offene Strukturen angewiesen. Foto: Konrad Funk

zum Anpassen seines Managements angeregt.

Abseits dieses wissenschaftlichen Kreises im engeren Sinne werden die Erkenntnisse auch populärwissenschaftlich aufbereitet. Die klassische Nutzung in Tages- oder Wochenzeitungen wird ergänzt durch reine Online-Ausgaben, Blog-Beiträge oder Hinweise in Social Media. So können Erkenntnisse aus Nationalparks von einer Vielzahl von Menschen gelesen werden und im Sinne einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung zur Anpassung im persönlichen Umfeld beitragen.

Herausforderungen

Wissen ist nur nutzbar, wenn es verfügbar ist. Eine große Herausforderung ist daher die systematische Sammlung und Bereitstellung von Wissen. Dieser Aufgabe stellen sich nicht nur Nationalparke, es betrifft die naturwissenschaftliche Forschung als Ganzes. Während über den Globus verteilt bereits übergreifende Lösungen entwickelt wurden (e.g. The Atlas of living Australia, Blackburn et al. 2014), wird auch in Deutschland intensiv am Aufbau eines Wissensnetzwerkes gearbeitet (NFDI4Biodiversity, Ronzheimer 2020). Dem Datenmanagement kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Hinsichtlich des Anforderungsprofils von Mitarbeitenden in NLP-Verwaltungen bedeutet dies, dass neben biologischen, naturschutzfachlichen Kenntnissen insbesondere Wissen im IT-Bereich vonnöten ist.

Forschung braucht zudem Ressourcen. Forschungs-

konzepte müssen erstellt, Daten erhoben und ausgewertet, die Ergebnisse zugänglich gemacht werden. Einige Nationalparke haben das Glück, mit eigenem Personal Forschung durchführen zu können, vielfach kann auf bestehende Kooperationen mit Forschungseinrichtungen zurückgegriffen werden oder Forschung wird als Leistung gegen Bezahlung von Dritten durchgeführt. Auch aus diesem Grund kann sich Forschung nur auf Ausschnitte der Gegebenheiten und Veränderungen fokussieren. Erkenntnisse über das Vorkommen von Arten hängen dabei nicht selten weniger von tatsächlicher Präsenz oder Absenz ab, sondern vielmehr vom geleisteten Input zur Suche derselben.

Auch wenn Wissenschaft zur Objektivität gezwungen ist, so werden doch in vielen Studien Handlungsempfehlungen gegeben. Forschung und Monitoring in Nationalparken müssen dabei einen transdisziplinären Blick entwickeln, hinter dem z. B. Ansprüche zum Schutz einzelner Artengruppen oder Biotope hintenanstehen. Oft wird von Forschenden der Blick auf einzelne Ausschnitte der Wirklichkeit gerichtet und Handlungsempfehlungen betreffen häufig nur diese Teilaspekte. Gemessen an der Priorität der Ziele in Nationalparken müsste die wesentliche Empfehlung immer sein: Tut nichts oder, wenn das

nicht möglich ist: Tut weniger oder tut es störungsärmer.

Fazit

Forschung in Nationalparken ist so umfänglich, dass sie nur Ausschnitte der Wirklichkeit darstellen kann. Sie kann dennoch zeigen, welche Wirkungen entstehen, zieht sich der Mensch aus der Fläche zurück. Das Management innerhalb der Nationalparke ebenso wie Praktiken außerhalb können mit Erkenntnissen aus den Schutzgebieten Veränderung erfahren.

Dabei muss einerseits im Forschungsprozess an sich sensibel vorgegangen werden und andererseits bei der Interpretation der Ergebnisse Vorsicht walten. Das Wissen muss dann für verschiedene Adressaten aufbereitet und zugänglich gemacht werden.

Wie die Nationalparke das Wissen generieren, wird auch in Zukunft unterschiedlich bleiben. Wichtig wird es für alle Nationalparke weiterhin sein, zu beobachten und die Offenheit zu besitzen, Veränderungen anzunehmen. Dazu gehört auch die Bereitschaft anzunehmen, dass man sich vielleicht in der Vergangenheit geirrt hat.



Abbildung 5: Ein ehemals forstlich genutzter Weg wächst zu. Schon kurze Zeit nach der Stilllegung verändern sich Flora, Fauna und Standortbedingungen. Foto: Jan Rommelfanger

Quellen

- Bässler, C. 2009:** Das BIOKLIM-Projekt. Biodiversitäts- und Klimawandelforschung im Nationalpark Bayerischer Wald. In: Scherfose, V. (Bearb.): Nationalparkarbeit in Deutschland – Beispiele aus Monitoring, Gebietsmanagement und Umweltbildung: 25-36.
- Baur, B. 2014:** Ein Nationalpark für die Forschung. In: Baur, B.; Scheurer, T. (Redaktion): Wissen schaffen. 100 Jahre Forschung im Schweizerischen Nationalpark: 19-25.
- Baur, B.; Scheurer, T. (Redaktion) 2014:** Wissen schaffen. 100 Jahre Forschung im Schweizerischen Nationalpark. Nationalpark-Forschung in der Schweiz 100/I. Haupt Verlag, Bern.
- Blackburn, R.; La Salle, J.; Doherty, P. 2014:** Revolutionising the Mapping of nature: The atlas of living Australia. In: AQ - Australian Quarterly, Vol. 85, No. 2: 19-23.
- Bradtka, J.; Bässler, C.; Müller, J. 2010:** Baumbewohnende Flechten als Zeiger für Prozessschutz und ökologische Kontinuität im Nationalpark Bayerischer Wald. In: Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz (9): 49-63.
- Dittrich, S.; Schmiedel, D.; Laupichler, B.; Wagner, F.; von Oheimb, G. 2016:** Auswirkungen von Waldbränden auf die Langzeitdynamik naturnaher Kiefernwälder (Leucobryo-Pinetum) im Nationalpark Sächsische Schweiz (Sachsen, Deutschland). Tuexenia 36: 23-26.
- Dudley, N. 2008:** Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. IUCN, Gland.
- Egidi, H. 2015:** Der Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Partizipativer Auswahlprozess und naturschutzfachliche Qualität des ersten Nationalparks in Rheinland-Pfalz und im Saarland. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 47 (1): 12-20.
- Evers, C. 2019:** Festschrift für Prof. Dr. Dietmar Brandes: Erforschung und Erhaltung der Phytodiversität. Braunschweiger Geobotanische Arbeiten Band 13. Braunschweig.
- FAWF (Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Hrsg.) 2020:** Hypothese der Hangbruchgenese im südwestdeutschen Mittelgebirge Hunsrück anhand hydrologischer, pedologischer und geobotanischer Untersuchungen in der Region des Nationalparks Hunsrück-Hochwald. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 85/20.
- Futosh, N. 2018:** Biodiversity Conservation Using Umbrella Species : Blakiston's Fish Owl and the Red-crowned Crane. Ecological Research Monographs. Springer, Singapur.
- Hansen, R.; Rink, C. 2008:** Himmelsscheibe, Sonnenwagen und Kalenderhüte – ein Versuch zur bronzezeitlichen Astronomie. In: Acta Praehistorica et Archaeologica 40: 93-126.
- Kemkes, W. 2009:** Wildtiermanagement im Nationalpark Hainich. In: Scherfose, V. (Bearb.): Nationalparkarbeit in Deutschland – Beispiele aus Monitoring, Gebietsmanagement und Umweltbildung: 121-132.
- Klotz, S.; Porada, H.T.; Denzer, V. (Hrsg.) 2016:** Wald im Spannungsfeld der Interessen. Beiträge vom VI. Werkstattgespräch des Wissenschaftlichen Beirats der Buchreihe „Landschaften in Deutschland“. Forum ifl Heft 31. Leibniz-Institut für Länderkunde, Leipzig.
- Kobel, J. 2009:** 18 Jahre Renaturierung von Wassereinzugsgebieten im Müritz-Nationalpark. In: Scherfose, V. (Bearb.): Nationalparkarbeit in Deutschland – Beispiele aus Monitoring, Gebietsmanagement und Umweltbildung: 59-76.
- Köhler, R.; Eggers, B. 2012:** Waldfragmentierung und Artenschutz: Analyse der Auswirkungen der Fragmentierung von Waldökosystemen auf Indikatorarten unter Berücksichtigung von Landschaftsstrukturindizes. Landbauforschung Sonderheft 363. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Kudernatsch, T.; Huber, D.; Sutcliffe, L.; Walentowski, H.; Kirchner, M.; Fegg, W.; Franz, H. 2016:** Vegetationsveränderungen alpiner Kalk-Magerrasen im Nationalpark Berchtesgaden während der letzten drei Jahrzehnte. Tuexenia 36: 205-221.
- Langer, E.; Langer, G.; Striegel, M.; Riebesehl, J.; Ordynets, A. 2014:** Fungal diversity of the Kellerwald-Edersee National Park – indicator species of nature value and conservation. In: Nova Hedwigia (99): 129-144.
- Menzler-Henze, K.; Frede, A. 2018:** Naturnähe der Buchenwaldkomplexe im Nationalpark Kellerwald-Edersee. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 50 (11): 426-433.
- Peters, M.R. 2017:** Nationalparkausweisungen in Deutschland zwischen 1966 und 2009: Ökologische Evidenzen oder politische Ideen? Zusammenhänge zwischen ökologischer Forschung und Nationalparkkonzepten. Dissertation, Gottfried Wilhelm Leibniz-Universität Hannover.
- Ronzheimer, M. 2020:** Forschungsdaten werden recycelt. Online verfügbar unter <https://taz.de/Aufbau-einer-Einrichtung/!5700374/> (zuletzt geprüft am 14.8.2020).
- Rösch, M. 2015:** Nationalpark – Natur – Weißtanne – Fichte. Sechs Jahrtausende Wald und Mensch im Nordschwarzwald. In: Denkmalpflege in Baden-Württemberg 3 (44): 154-159.
- Rost, M.; Schrumpf, M. 2017:** Zeitliche Änderung des Gehaltes und der Isotopie von Kohlenstoff und Stickstoff in Böden des Hainich Nationalparks. Vortrag Jahrestagung der DBG 2017: Horizonte des Bodens, 02.-07.09.2017, Göttingen.
- Scherfose, V. (Bearb.) 2009:** Nationalparkarbeit in Deutschland – Beispiele aus Monitoring, Gebietsmanagement und Umweltbildung. In: Naturschutz und Biologische Vielfalt 72. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Schnädelbach, H. 2002:** Erkenntnistheorie zur Einführung. Junius Verlag, Hamburg.
- Schüle, J.A.; Reitze, S. 2016:** Wissenschaftstheorie für Einsteiger. UTB, Facultas, Wien.
- Schulte, K.; Schulze, T.; Kraus, G. 2015:** Wissen bündeln für ein nachhaltiges Management der Krabbenfischerei im Küstenmeer einschließlich der Wattenmeer Nationalparks (MaKramee). Projektabschlussbericht, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Hamburg.
- Schulze, E.D.; Ammer, C. 2015:** Spannungsfeld Forstwirtschaft und Naturschutz. In: Biologie in unserer Zeit 5 (45): 304-315.
- Stock, M.; Bergmann, H.H.; Helb, H.W.; Keller, V.; Schnidrig-Petrig, R.; Zehnter, H.C. 1994:** Der Begriff Störung in naturschutzorientierter Forschung: Ein Diskussionsbeitrag aus ornithologischer Sicht. In: Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 3: 49-57.
- Valls, A.; Coll, M.; Christensen, V. 2015:** Keystone species: toward an operational concept for marine biodiversity conservation. In: Ecological Monographs 85 (1): 29-47.
- Vollmer, G. 2008:** Was können wir wissen. Band I: Die Natur der Erkenntnis. Hirzel Verlag, Stuttgart.
- Gesetzliche Grundlagen**
- BNatSchG:** Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. März 2020 (BGBl. I S. 440) geändert worden ist.

Entwicklung eines stratifiziert-zufälligen FLÄCHENSTICHPROBEN- KONZEPTS

... für den Nationalpark Hunsrück-Hochwald

02

Für die Fläche des Nationalparks Hunsrück-Hochwald wurden 8 Naturräumliche Einheiten (NEs) definiert und deren Lage durch Verschneidung einer Vielzahl von Fernerkundungsdaten mit weiteren verfügbaren Flächendaten bestimmt. Durch randomisierte Ziehung von Kacheln und deren Anteilen an den Naturräumlichen Einheiten wurde eine zufallsverteilte statistisch ausreichende Anzahl an Suchräumen für flächenbezogene Erhebungen bestimmt. Diese sollen künftig für alle diesbezüglichen Untersuchungen herangezogen werden. Für die NEs „Blockschutthalden/Rosselhalden“ und „Hangbrücher“ mussten wegen der geringen Flächenanteile und der kleinflächigen Verteilung eigene Verfahren zur Flächenermittlung und zur Ziehung von Aufnahmeeinheiten entwickelt werden. Erste Anwendungen fand das Konzept im Rahmen von pflanzensoziologischen Erhebungen sowie als Grundlage für die Flächenauswahl für Pilz- und Rindenwanzenuntersuchungen.

Einleitung

Die Einrichtung des NLP Hunsrück-Hochwald bot die Chance, durch Nutzung neuer Methoden der Geoinformatik und Fernerkundung ein Konzept für flächenbezogene Stichprobenerhebungen als Grundlage für ein naturwissenschaftliches Monitoring zu entwickeln. Finanzmittel des MULEEF ermöglichten eine Forschungsförderung des Fachbereichs VI – Umweltfernerkundung und Geoinformatik – der Universität Trier, um in Zusammenarbeit mit dem Nationalparkamt und dem „Zentrum für Biodokumentation“ (ZfB) des Saarlands grundlegende flächendeckende digitale Informationen auf Basis räumlich hochaufgelöster Daten (Informationsebenen) zum Zweck der Identifikation der Naturräumlichen Einheiten ableiten zu können.

Ziel war die repräsentative und statistisch abgesicherte Darstellung der Ausgangslage und der Entwicklung des Nationalparks bei leistbarem personellen und materiellen Einsatz.

Die terrestrischen Untersuchungen selbst verursachen durch ihre Konzentration auf begrenzte Flächen nur geringe Störungen, ermöglichen aber dennoch, offensichtliche ökosystemische Zusammenhänge zu erkennen.

Definitionen

Folgende 8 Einheiten („Straten“) mit besonderer Vegetationsausprägung („Naturräumliche Einheit“ genannt), die

die Vielfalt des Nationalpark-Raumes abdecken und widerspiegeln, wurden definiert:

NE01 Jüngste Abtriebsflächen (Borkenkäfer, Windwurf, prophylaktische Entnahme von Fichten): Diese Einheit wurde ausgeschieden, weil hier aus unterschiedlichen Gründen die extremste und unnatürlichste Ausgangssituation geschaffen wurde, die aber auch die stärkste Dynamik der Vegetationsentwicklung erwarten lässt. Dies gilt insbesondere für die bewusst herbeigeführten Kahlfelder mit dem Ziel der Zurückdrängung der Fichte auf Nassstandorten und der Entwicklung laubwaldgeprägter Bruchstandorte.

Die kartenmäßige Darstellung liefert die Grundlage für das Maßnahmenmonitoring hinsichtlich des Hangbruch-Managements, insbesondere der Aktivitäten im Rahmen des LIFE-Hochwald-Projekts (Fichtenentnahme, Wiedervernässung). Im Fokus steht hier besonders die Frage, ob die ursprünglich im Hunsrück nicht vorkommende Fichte auf diese Art und Weise zurückgedrängt werden kann und ob



Abbildung 1: Kahlfläche nach Abtrieb im Zuge der Renaturierung eines Hangbruchs (Foto: Segatz)

eine Revitalisierung der Bruchstandorte erfolgen wird.

NE02 Flächen aus den Sturmwürfen 1990 (reine Sukzession bzw. Kombination mit Pflanzung (ca. 35-jährig)): Die wiederbewaldeten Flächen der Stürme zu Beginn der 1990er Jahre (gelenkt oder ungelenkt durch Sukzession) vermitteln eine Vorstellung, wie sich die jüngsten Kahlfächen entwickeln könnten. Sie unterliegen ebenfalls noch einer ausgeprägten Entwicklungsdynamik und sind hinsichtlich einer Waldentwicklung ohne lenkende Maßnahmen von besonderem Interesse.

NE03 Buchenreinbestände (weniger als 20 % Mischbaumarten) 0-60 / 61-140 / 140 + Jahre: Terrestrische, d. h. nicht



Abbildung 2: Wiederbewaldungsfläche nach den Stürmen Anfang 1990 mit waldbaulich motivierten Eingriffen (Foto: Segatz)



Abbildung 4: Fichten-Anflug in Buchenbestand (Foto: Segatz)

von Wasser beeinflusste Flächen, die von der Ausgangsbestockung weitgehend der potenziellen Baumartenausstattung entsprechen und deren Entwicklung hin zu naturnäheren Alters- und Bestandesstrukturen von besonderem wissenschaftlichem Interesse ist.

NE04 Buchendominierte Mischbestände (mehr als 20 % Mischbaumarten) 0-60 / 61-140 / 140 + Jahre: Ähnlich NE03, wobei das besondere Interesse auf der Entwicklung der Mischbaumarten liegt.

NE05 Fichtenreinbestände (weniger als 20 % Mischbaumarten) 0-60 / 61-120 + Jahre: Terrestrische Flächen, die von der Ausgangsbestockung nicht der potenziellen Baum-



Abbildung 3: Reiner Buchen-Altbestand (Foto: Segatz)



Abbildung 5: Reiner Fichten-Altbestand (Foto: Segatz)



Abbildung 6: Buchen-Unterstand unter Altfichten-Bestand (Foto: Segatz)



Abbildung 7: Spätwinter-Aspekt im Riedbruch (Foto: Segatz)



Abbildung 8: Blockschutthalde mit extremen Standortbedingungen (Foto: Segatz)

artenausstattung entsprechen und deren Entwicklung hin zu naturnäheren Baumarten-, Alters- und Bestandesstrukturen besonders interessiert.

NE06 Fichtendominierte Mischbestände (mehr als 20 % Mischbaumarten) 0-61 / 61-120 + Jahre: Terrestrische Flächen, die von der Ausgangsbestockung weitgehend nicht der potenziellen Baumartenausstattung entsprechen und deren Entwicklung hin zu naturnäheren Baumarten-, Alters- und Bestandesstrukturen von besonderem wissenschaftlichem Interesse ist.

NE07 Hangbrücher (ab Anmoor-Standorten bzw. mit definierter Staunässe-Stufe): Hydromorphe Standorte mit Potenzial zur Entwicklung hin zu ursprünglicheren Hangbruch-Waldgesellschaften.

NE08 Rosselhalden / Blockschutthalden: Quarzitgeprägte Sonderstandorte mit potenziell seltenen Waldgesellschaften.

Zuordnung der Nationalparkfläche zu Straten

Der Fachbereich VI – Raum- und Umweltwissenschaften / Umweltfernerkundung und Geoinformatik der Universität Trier erarbeitete folgende Informationsebenen für das Gebiet des Nationalparks Hunsrück-Hochwald als Basis für die Ausscheidung der Naturräumlichen Einheiten (z. T. Kartendarstellung):

- Digitales Orthomosaik (Abb. 9)
 - Sentinel-2 Multi Spectral Instrument (MSI) Szene vom 23.08.2016 (Abb. 10)
 - Digitales Höhenmodell (DHM)
 - Digitales Oberflächenmodell (DOM)
 - Differenz der digitalen Oberflächenmodelle aus den Jahren 2008/2010 und 2015
 - Schummerungskarte – Swiss-Aerial Hillshade
 - Schummerungskarte – Multi-Directional Oblique Weighted (MDOW) (Abb. 11)
 - Normalisiertes Kronenmodell (nKm)
 - Normalisiertes Kronenmodell (nKm) – Höhenstufen (Abb. 12)
 - Hangneigung
 - Hangausrichtung (Abb. 13)
 - Oberflächenkrümmung
 - Hangneigung-Längen-Faktor (LS-Faktor)
 - Terrain Ruggedness Index (TRI)
 - Terrain Surface Convexity Index (TSC)
 - Terrain Position Index (TPI)
 - Topographische Offenheit
 - Terrain Surface Texture Index
 - Fließwegenetz und Einzugsgebiete (Abb. 14)
 - Topographic Wetness Index (TWI) (Abb. 15)
 - SAGA Wetness Index
- Konvergenz-Index
 - Differenz des Disturbance Index (DI)
 - Differenz der Normalized Burn Ratio (NBR)
 - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
 - Transformed Chlorophyll Absorption Reflectance Index (TCARI)
 - Red Edge Normalized Difference Vegetation Index (RENDVI)
 - Waldtypenstratifizierung (Abb. 16)
 - Mischungsverhältnis (Laub-/Nadelwald)
 - Baumartenklassifikation (Abb. 17)
 - Belaubungsdichte
 - Windeffekt
 - Solare Einstrahlung

Diese Informationsebenen wurden miteinander verschnitten und unter Einbeziehung vorhandener weiterer Flächeninformationen (z. B. Forstbetriebskarten, Forsteinrichtungswerken, Biotopkartierung, Natura 2000-Daten etc.) zur Ausscheidung der Naturräumlichen Einheiten (NE) verwendet.

Hinsichtlich der Details der fernerkundungs- und datentechnischen Vorgehensweise wird wegen der Komplexität und des hohen Spezialisierungsgrads auf den Abschlussbericht der Forstlichen Forschungsförderung über die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwissenschaft (FAWF) aus 2016 hingewiesen.

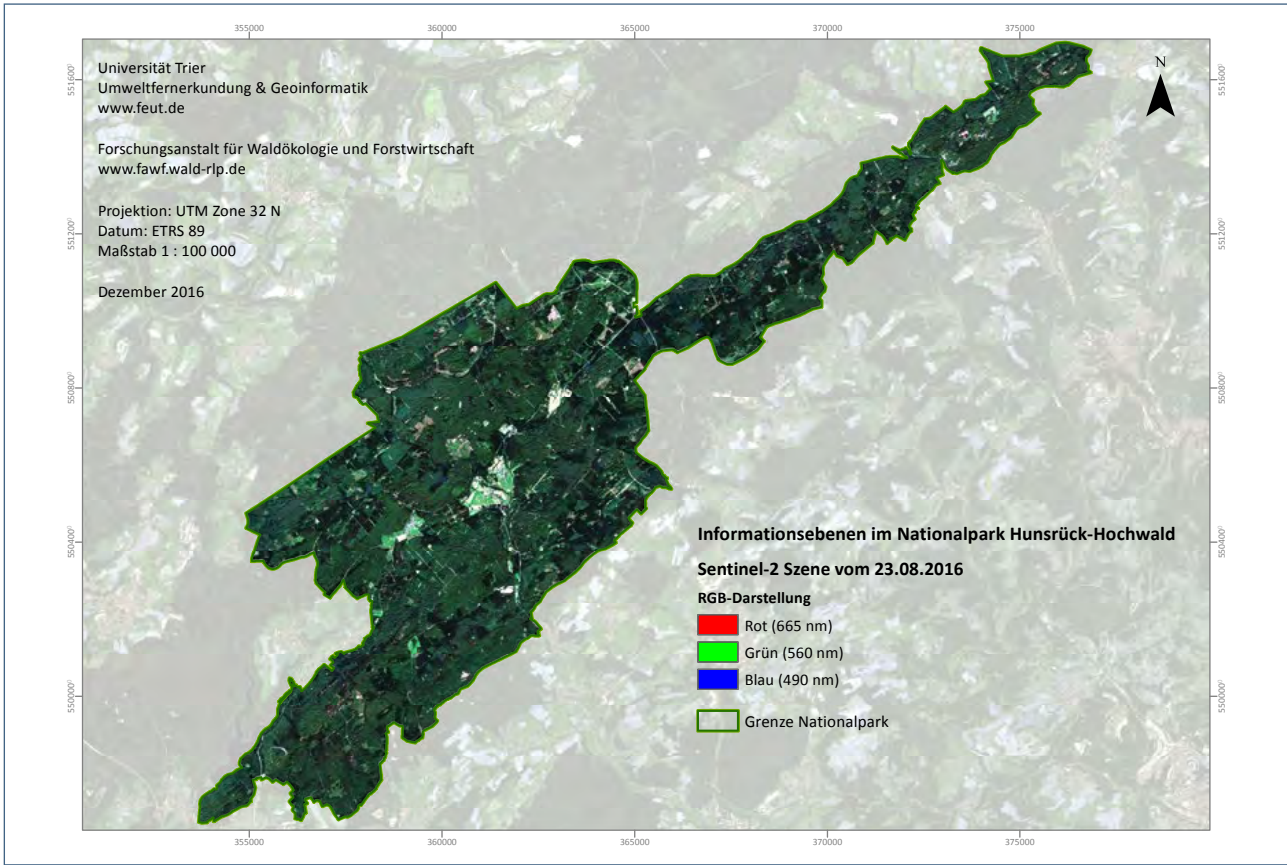


Abbildung 10: Sentinel-2 Multi Spectral Instrument (MSI) Szene vom 23.08.2016

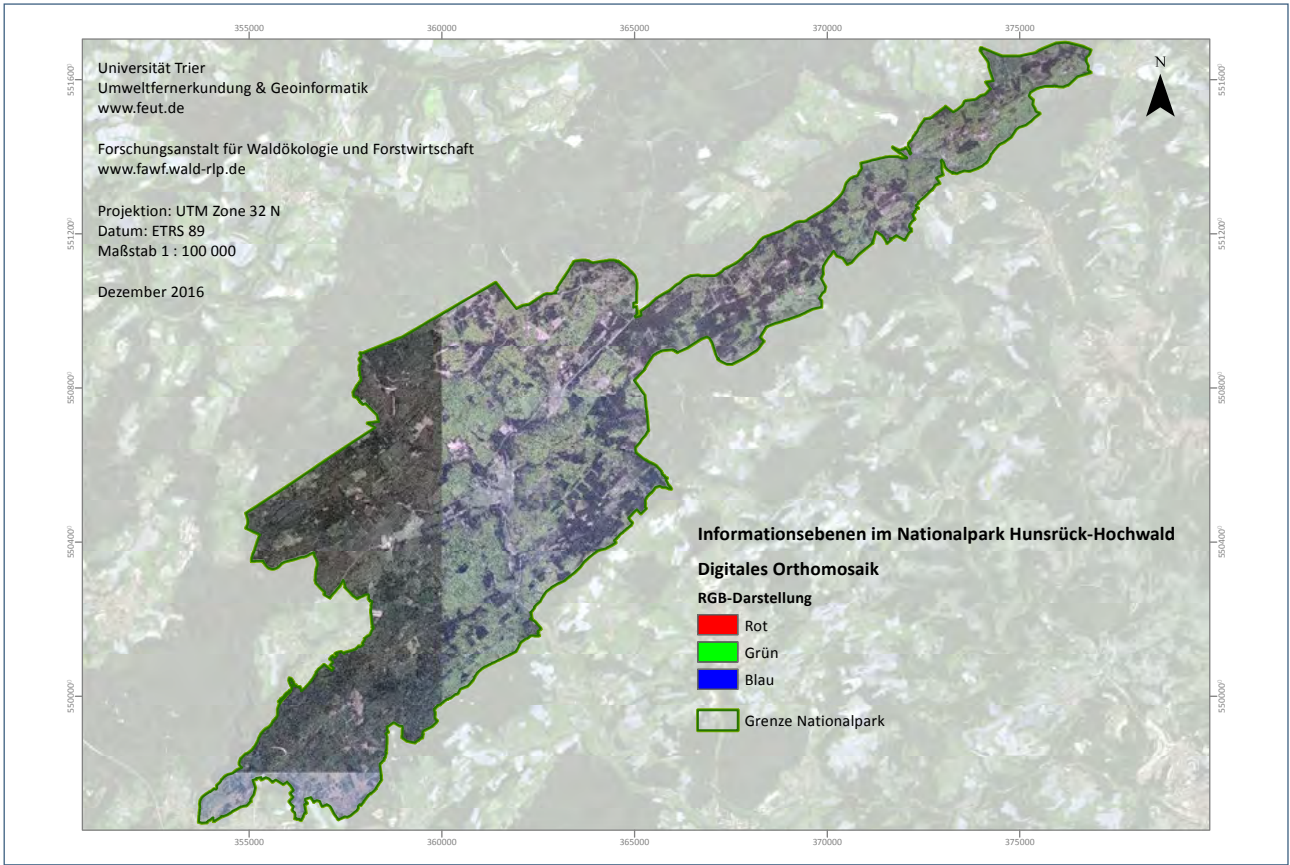


Abbildung 9: Digitales Orthomosaik

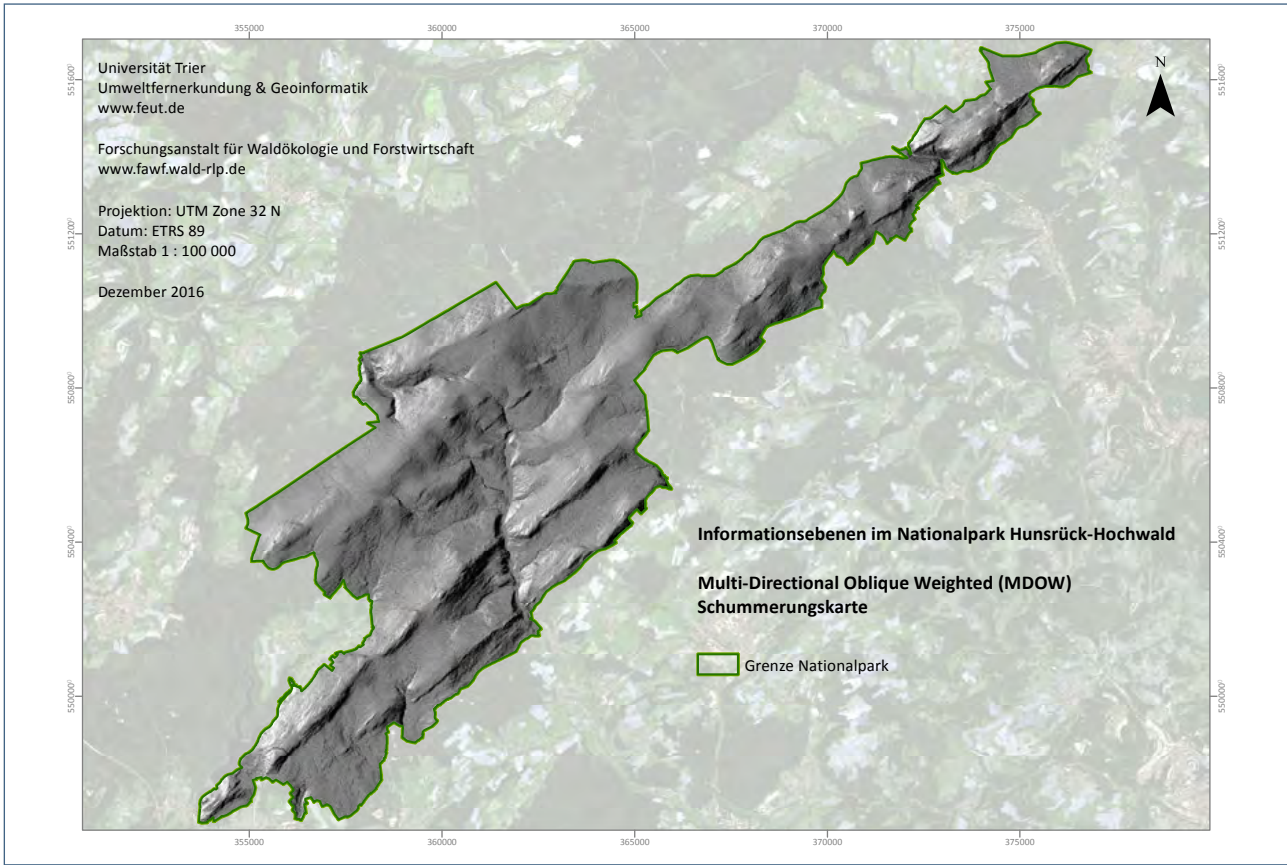


Abbildung 11: Schummerungskarte – Multi-Directional Oblique Weighted (MDOW)

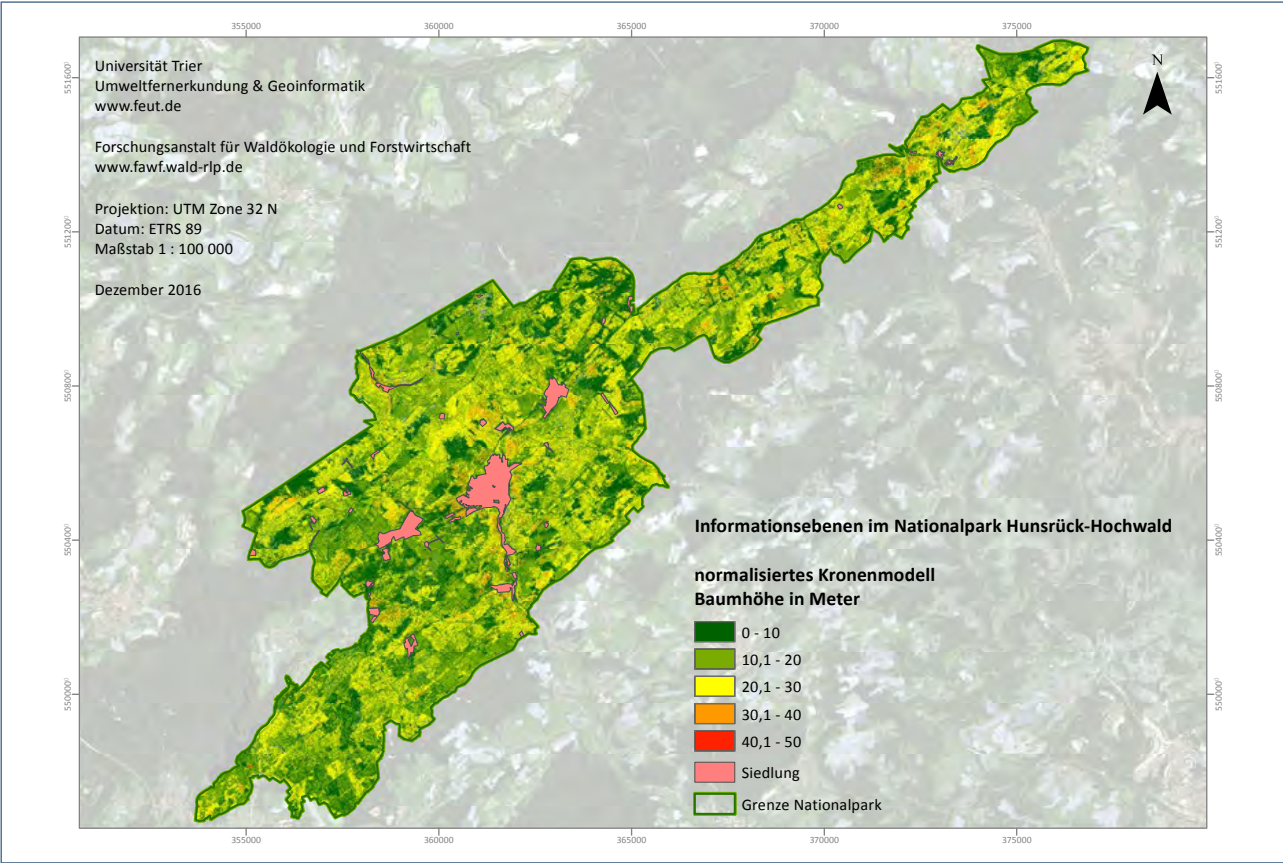


Abbildung 12: Normalisiertes Kronenmodell (nKm) – Höhenstufen

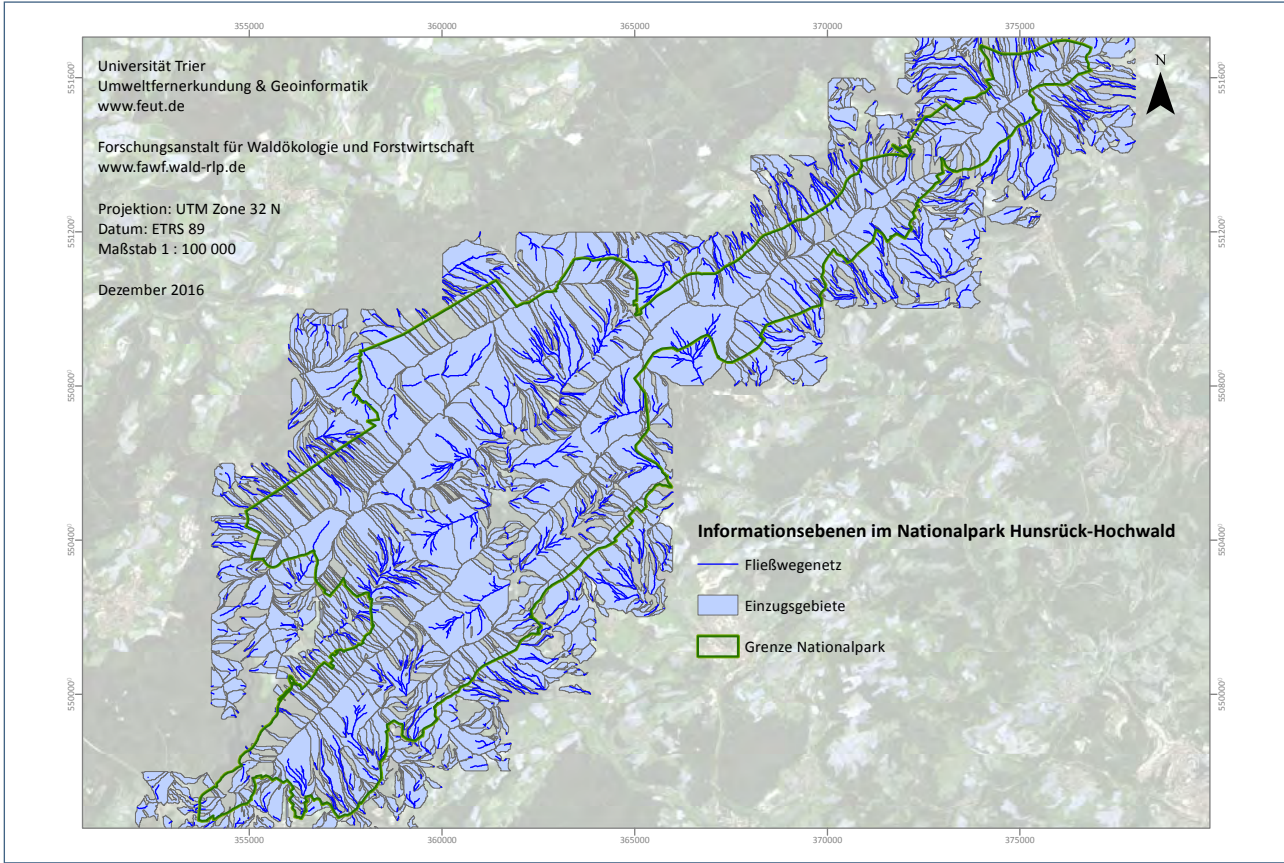


Abbildung 14: Fließwegenetz und Einzugsgebiete

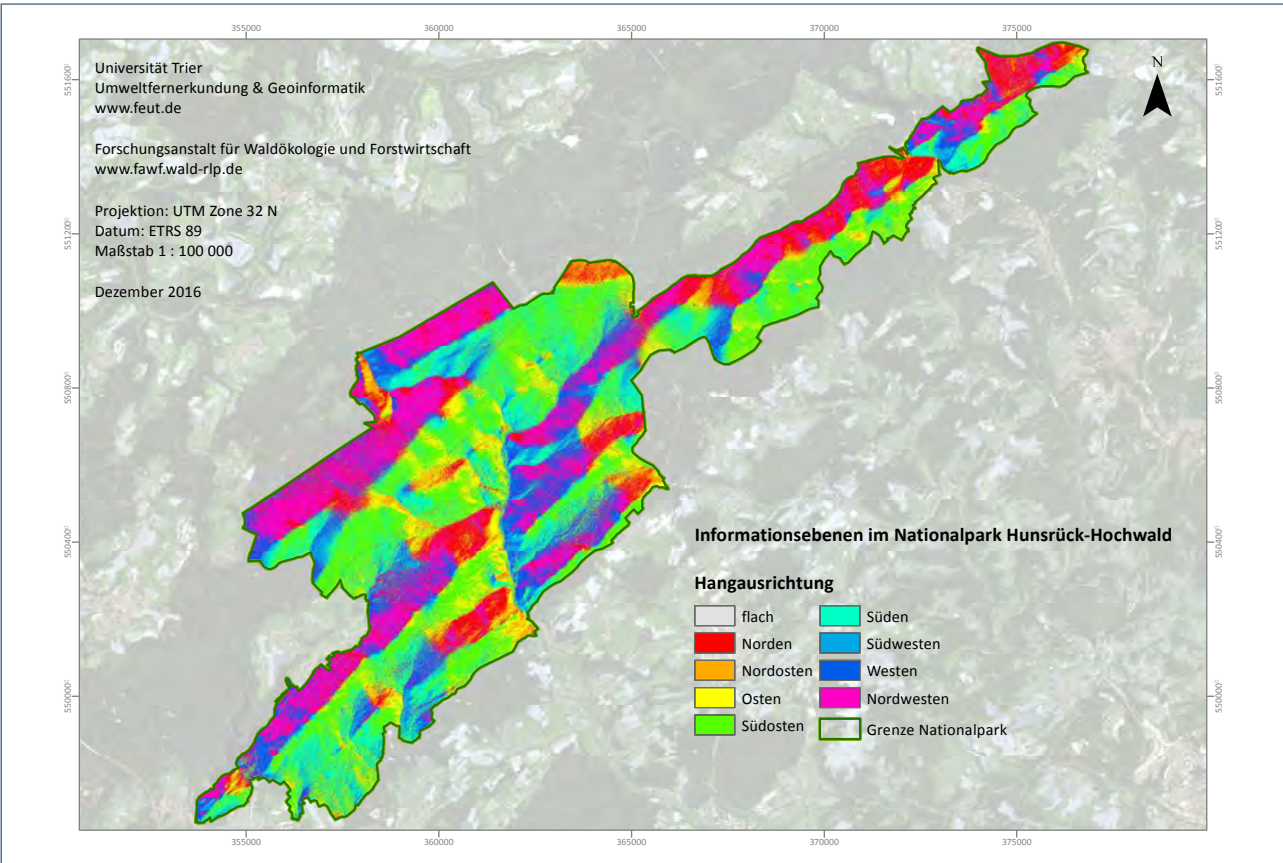


Abbildung 13: Hangausrichtung

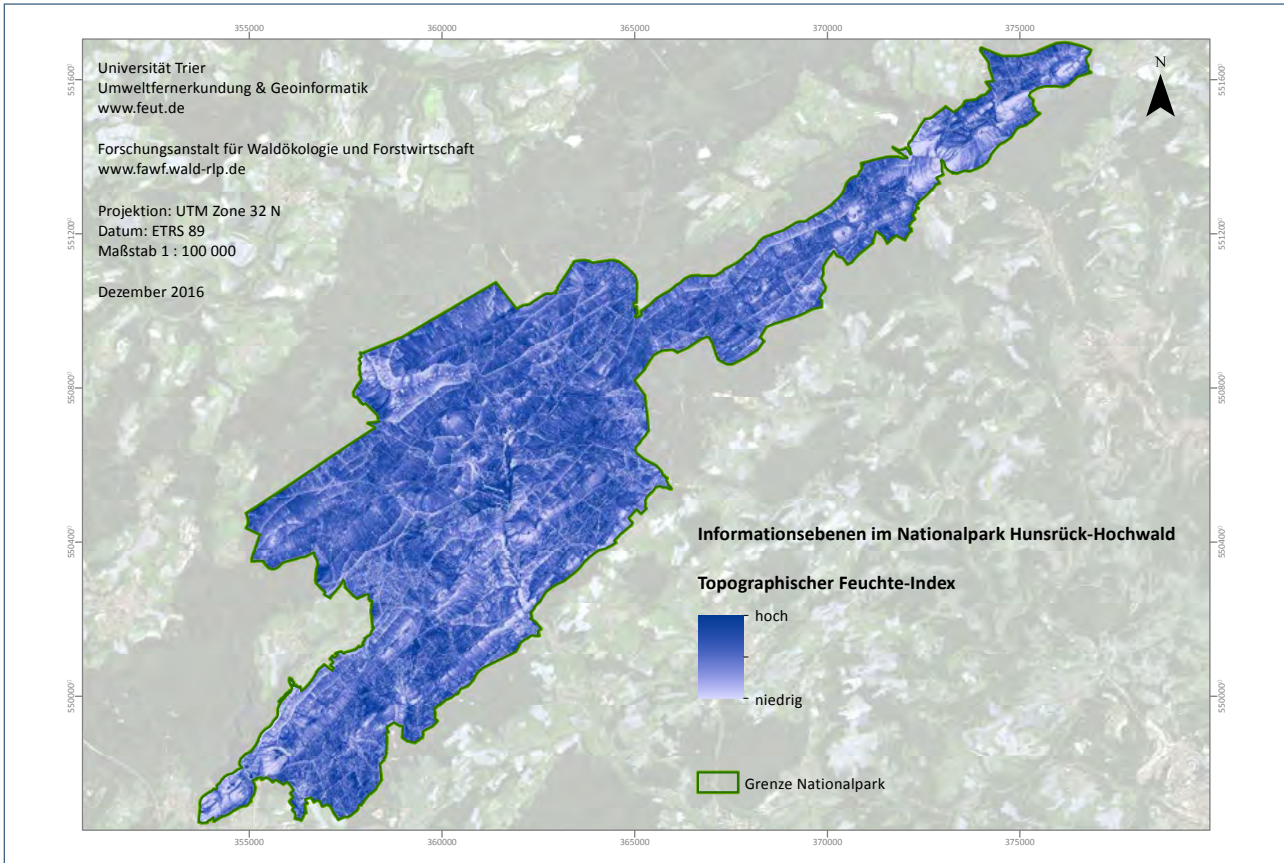


Abbildung 15: Topographic Wetness Index (TWI)

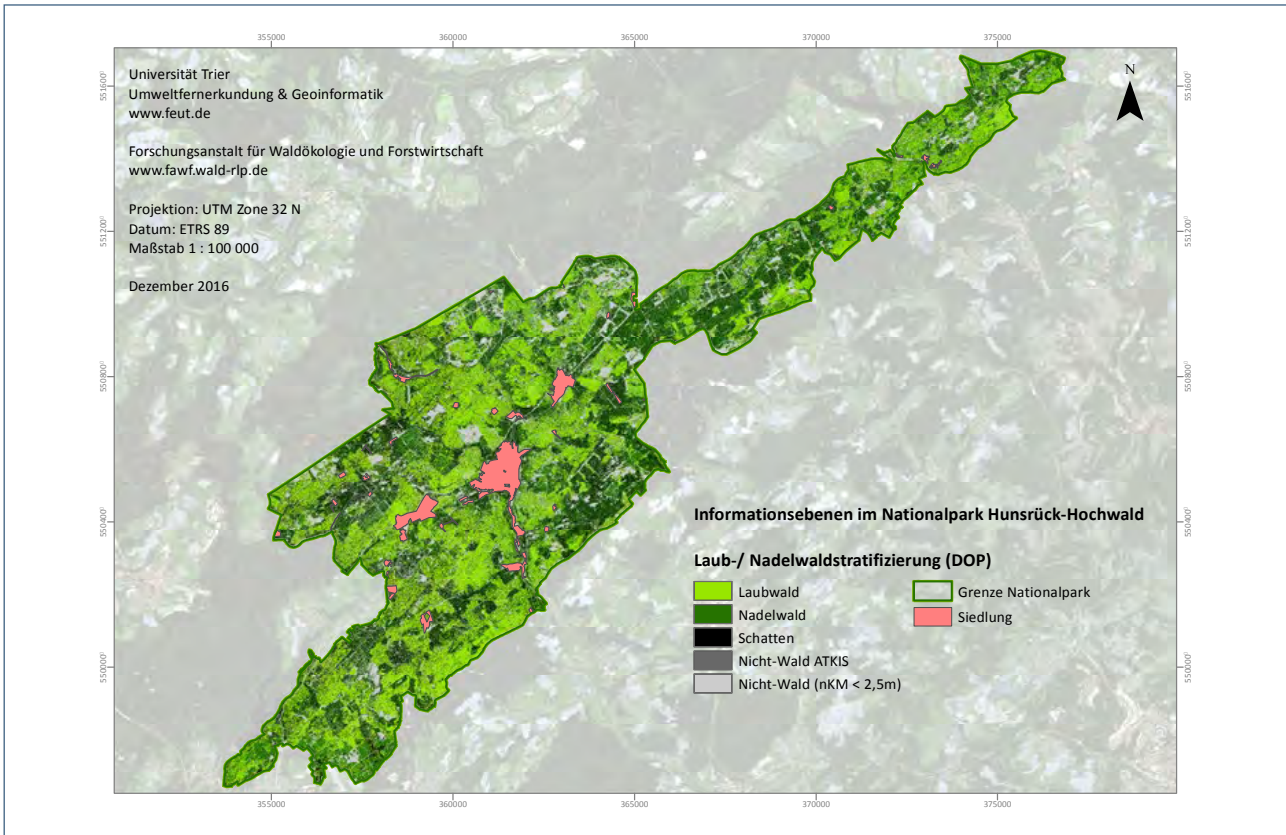


Abbildung 16: Waldtypenstratifizierung

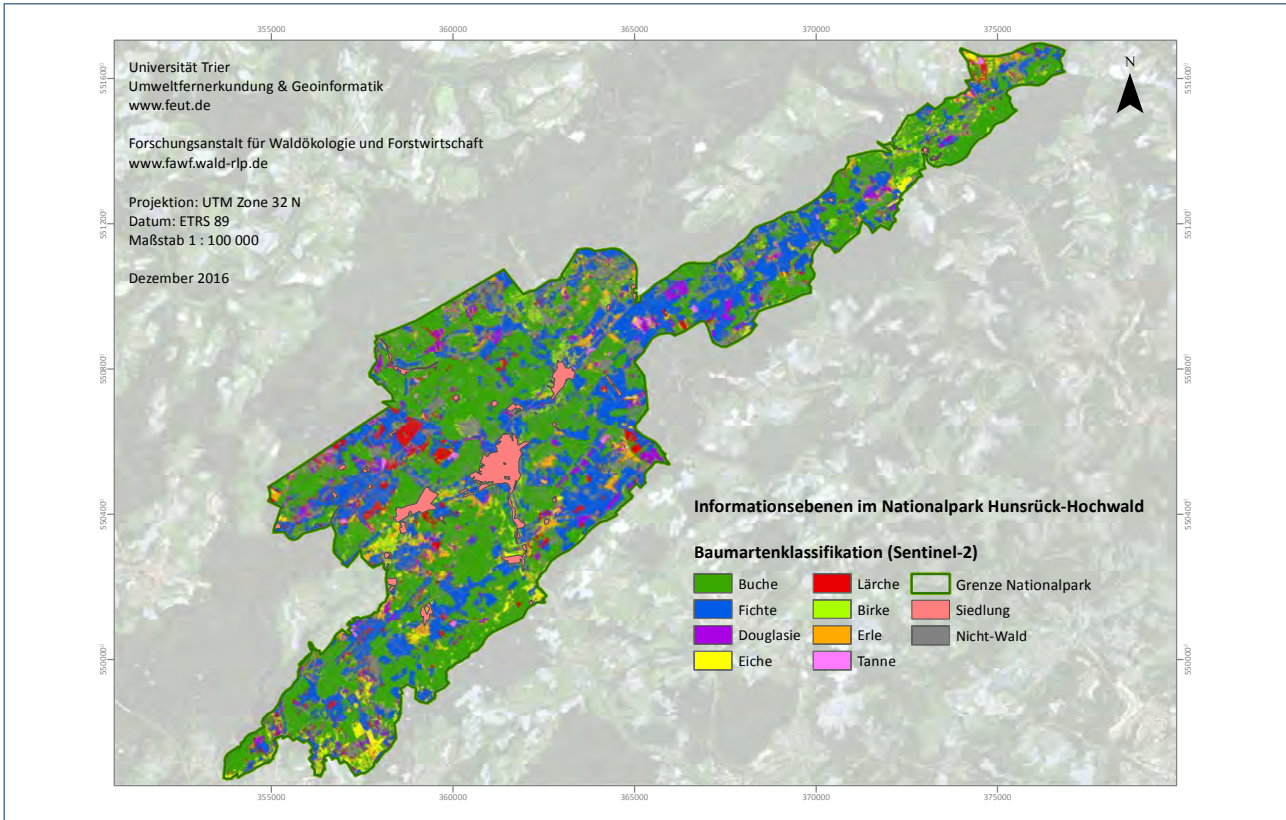


Abbildung 17: Baumartenklassifikation

Ergebnisse der Ausscheidung „Naturräumliche Einheiten (NE)“

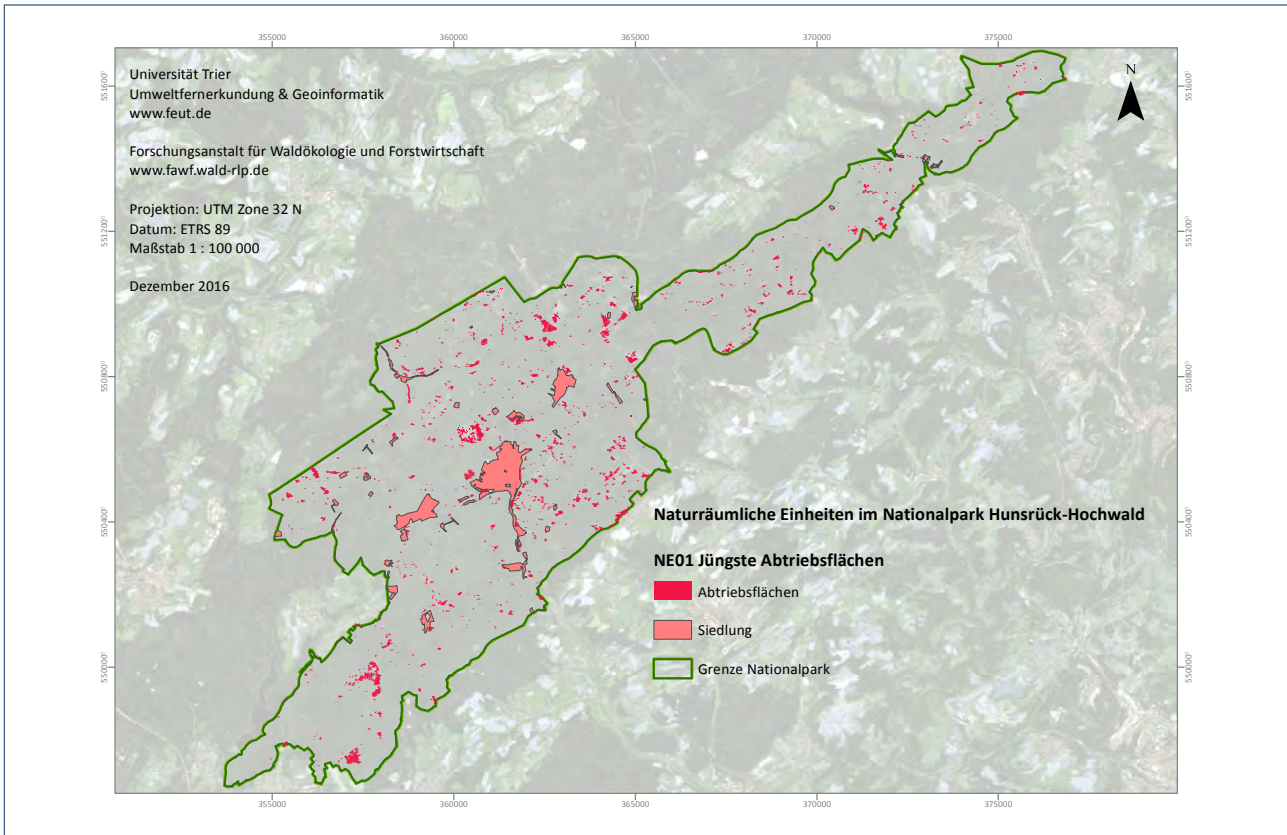


Abbildung 18: Naturräumliche Einheit „Jüngste Abtriebsflächen“ (NE01)

Die Gesamtfläche der NE01 wurde mit rd. 10 ha ermittelt (2 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

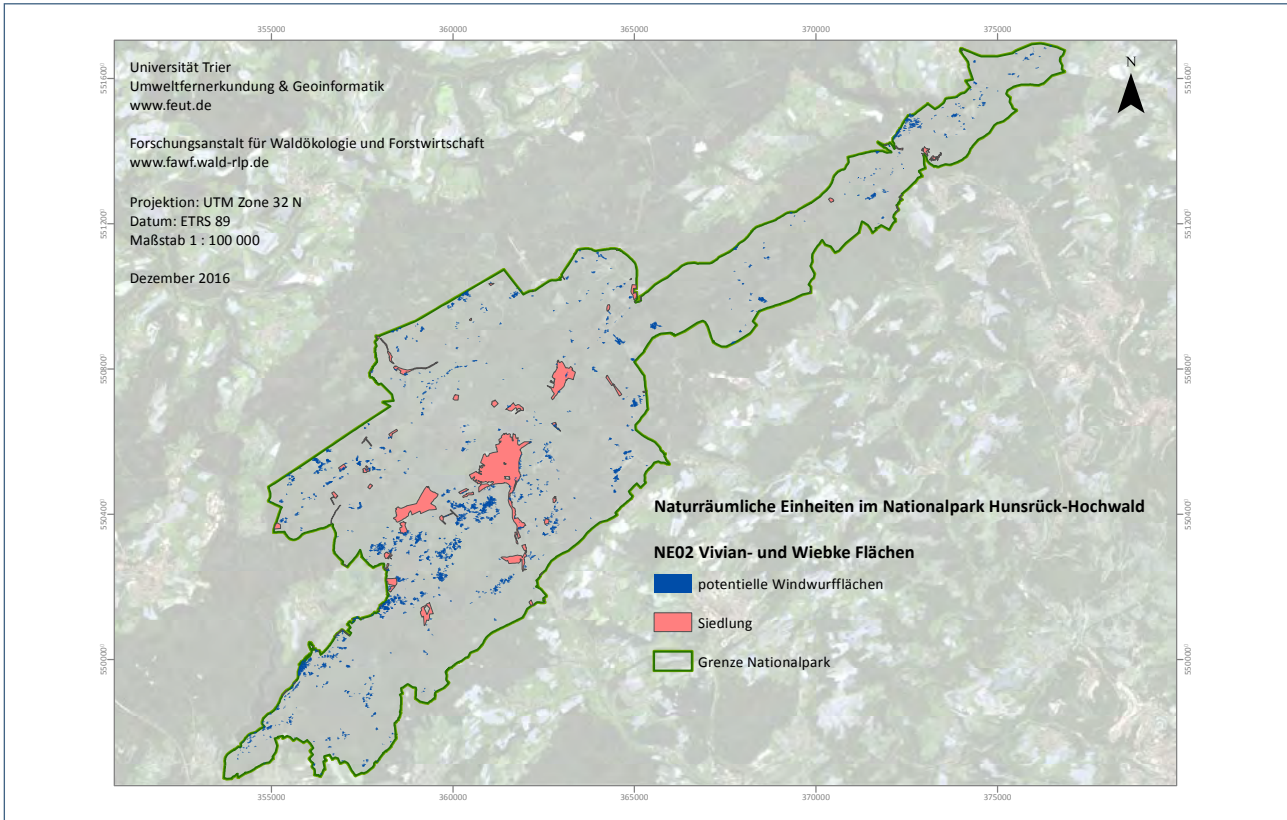


Abbildung 19: Naturräumliche Einheit „Flächen aus den Sturmwürfen 1990“ (NE02)

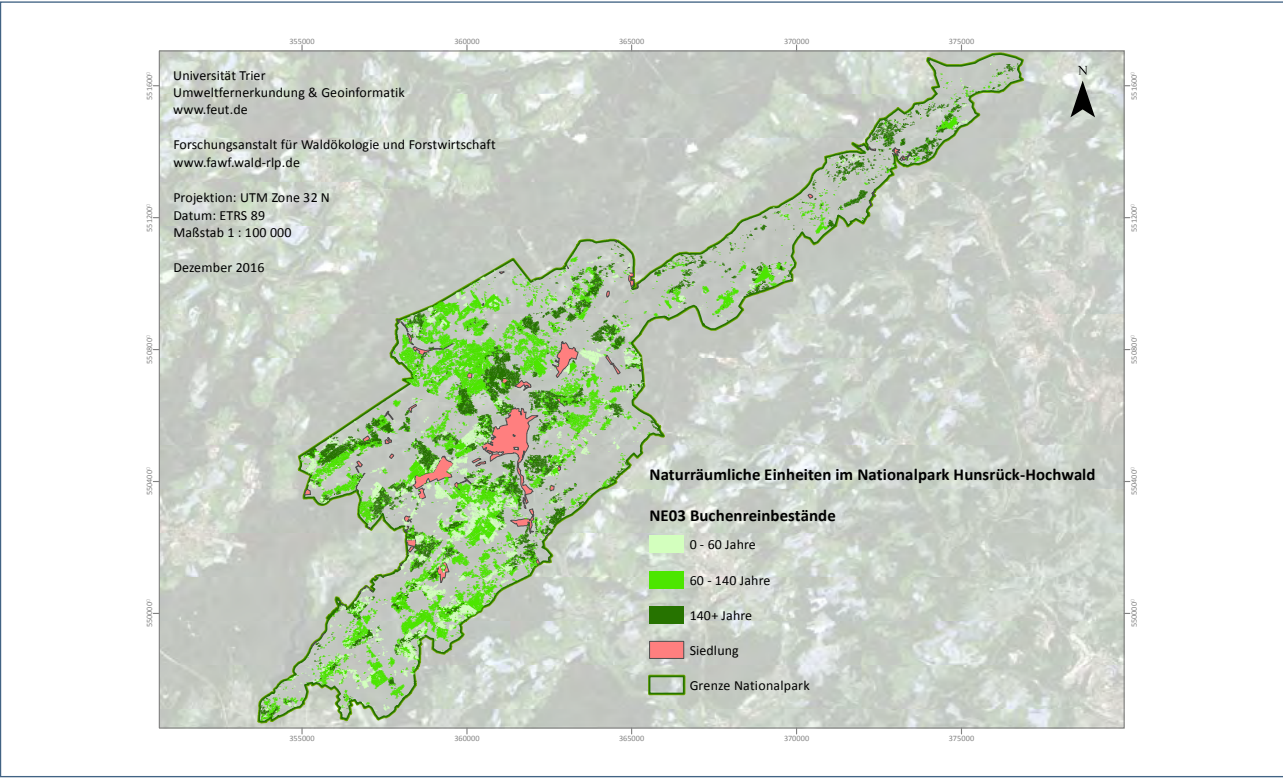


Abbildung 20: Naturräumliche Einheit „Buchenreinbestände“ (NE03) | Die Gesamtfläche der NE03 wurde mit 2.489 ha ermittelt, d. h. rd. 25 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 03 „Buchenreinbestände“ (38,6 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

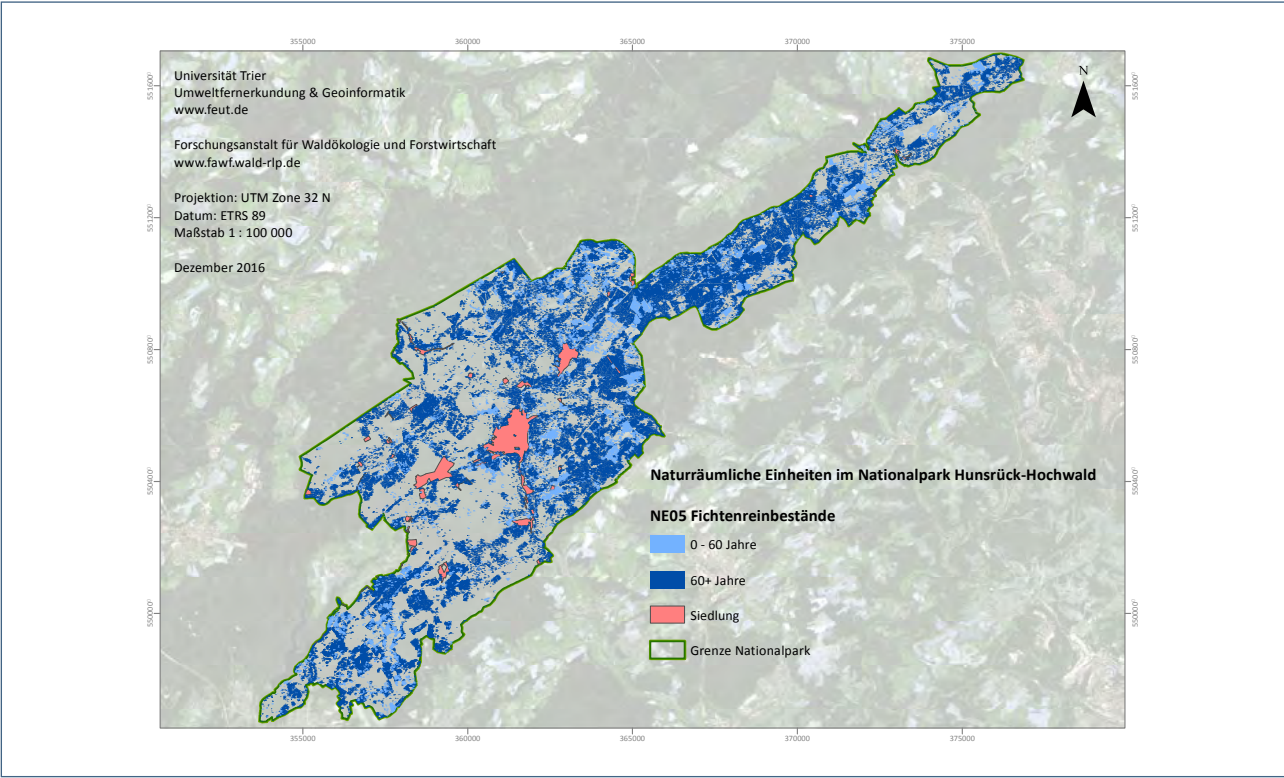


Abbildung 22: Naturräumliche Einheit „Fichtenreinbestände“ (NE05) | Die Gesamtfläche der NE05 wurde mit 3.200 ha ermittelt, d. h. rd. 32 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 05 „Fichtenreinbestände“ (33,9 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

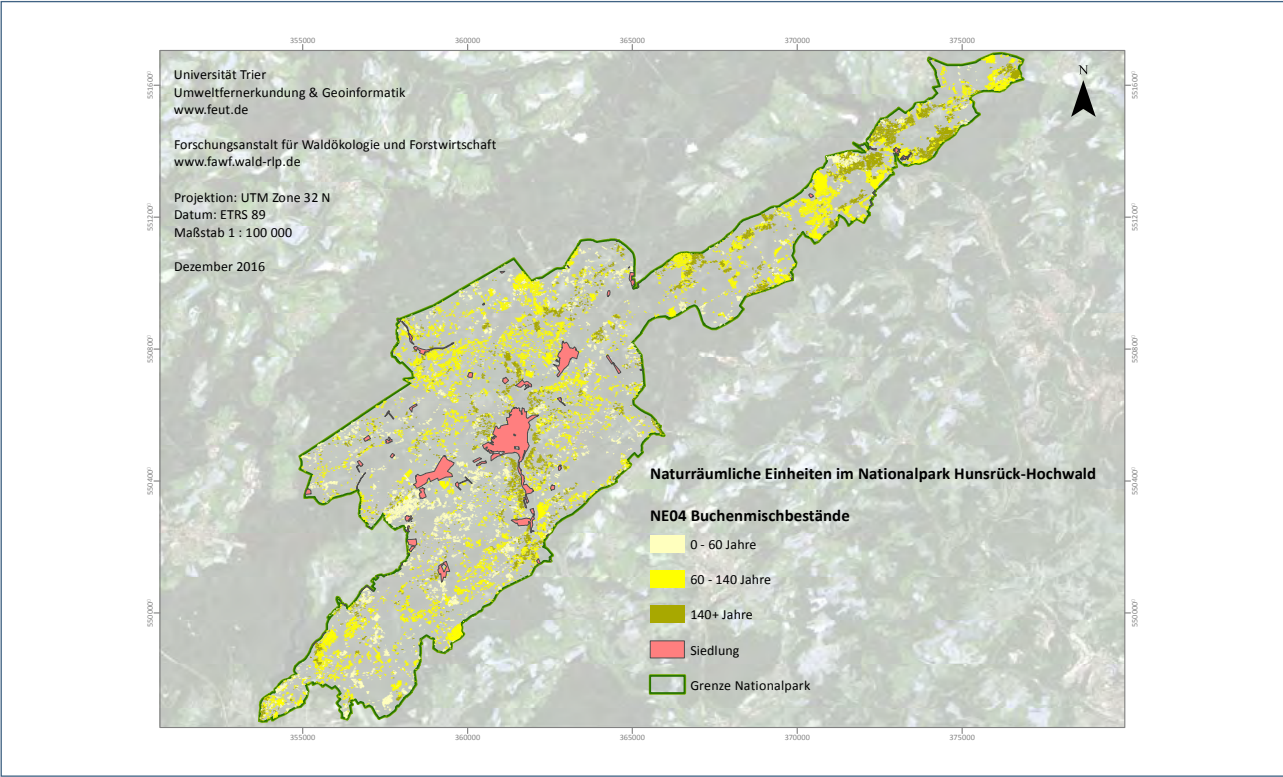


Abbildung 21: Naturräumliche Einheit „Buchenmischbestände“ (NE04) | Die Gesamtfläche der NE04 wurde mit 1.364 ha ermittelt, d. h. rd. 14 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 04 „Buchenmischbestände“ (20,4 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

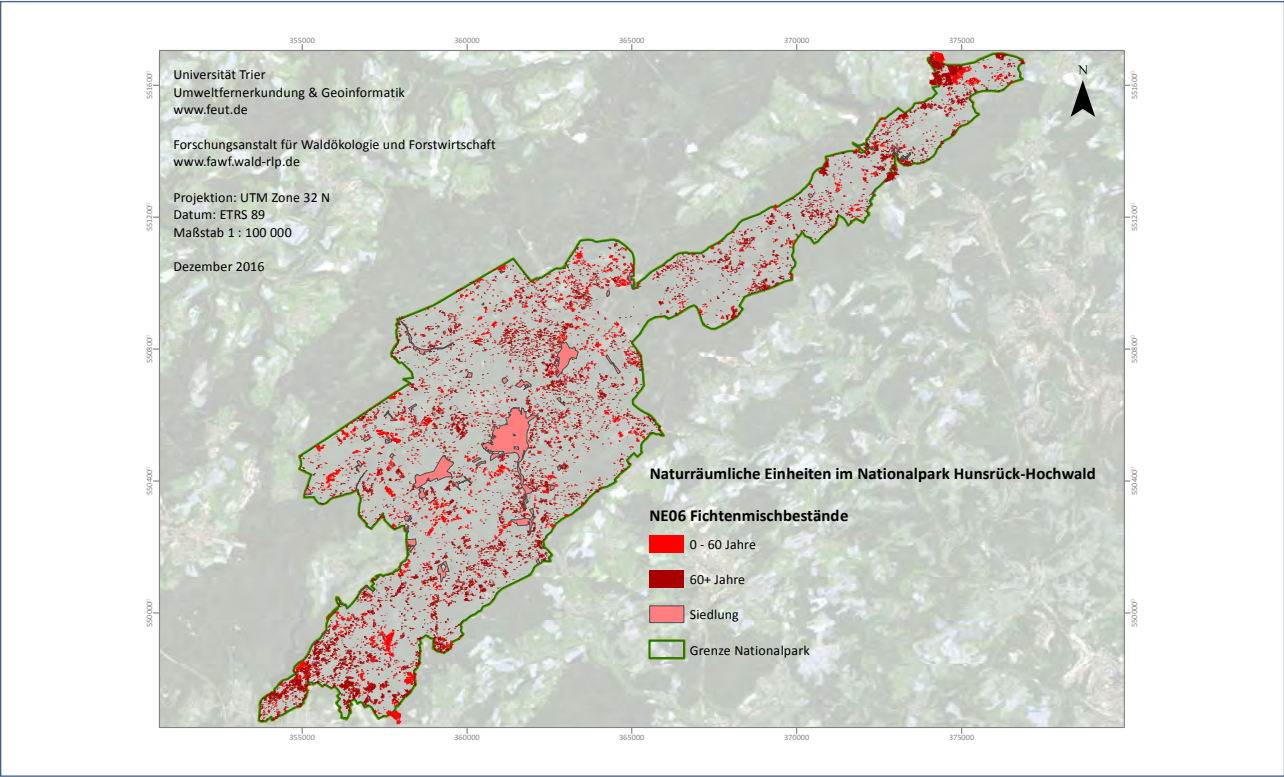


Abbildung 23: Naturräumliche Einheit „Fichtenmischbestände“ (NE06) | Die Gesamtfläche der NE06 wurde mit 937 ha ermittelt, d. h. rd. 9 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 06 „Fichtenmischbestände“ (5,3 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

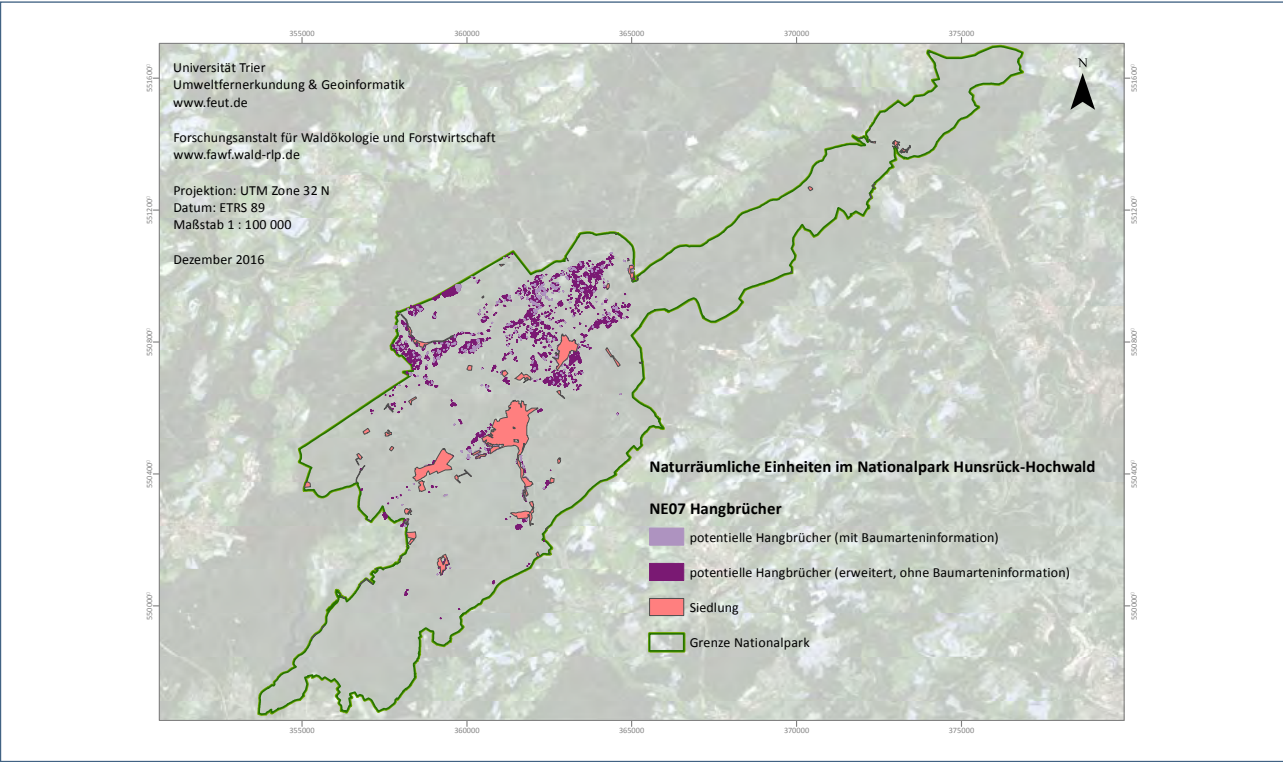


Abbildung 24: Naturräumliche Einheit „Hangbrücher“ (NE07) | Für die Einheit „Hangbrücher“ wurden neben Fernerkundungsdaten wie Topographic Wetness Index (Topographischer Nässe-Index) (TWI) die Ergebnisse der forstlichen Standorterkundung verwendet. Daneben fand eine Baumartenklassifikation bezüglich typischer Baumarten der Hangbrücher Anwendung. Die Gesamtfläche der NE07 wurde lediglich mit 58 ha ermittelt, d. h. weniger als 1 % der NLP-Fläche gehörte danach zur Naturräumlichen Einheit 07 „Hangbrücher“. Die fernerkundliche Erfassung liegt damit unter der Größenordnung von schätzungsweise 10 bis 15 %. Da die Hangbrücher jedoch separat untersucht werden, spielt die Darstellung in den Kacheln keine entscheidende Rolle.

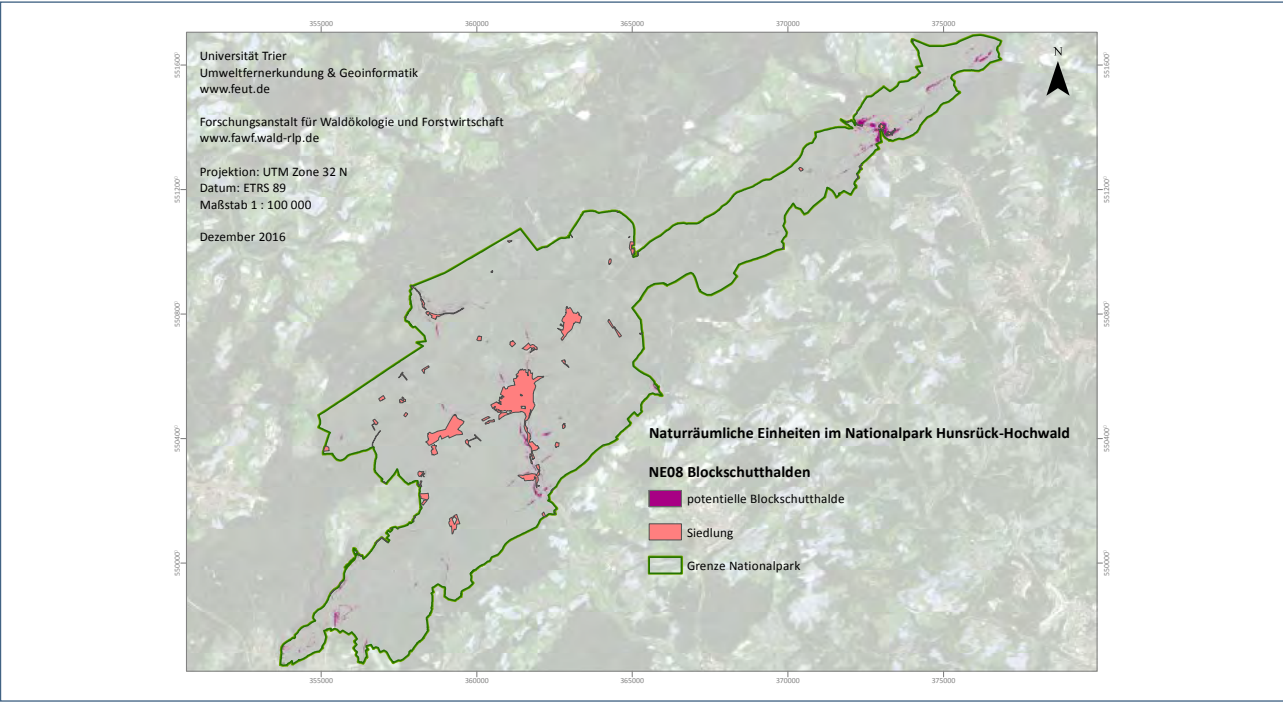


Abbildung 25: Naturräumliche Einheit „Blockschutthalde/Rosselhalden“ (NE08) | Die Gesamtfläche der NE08 wurde aufgrund der fernerkundlichen Erfassung zuzüglich eines 20-m-Puffers auf ca. 85 ha geschätzt.

Festlegung der Stichprobenflächen bzw. -punkte

Auf dem gesamten Gebiet des Nationalparks wurde ein Grundraster von 10 m x 10 m gebildet, um daraus 200 Untersuchungskacheln von 250 m x 250 m plus 50 Ersatzkacheln zu bilden. Tatsächlich wurden 232 Kacheln gezogen. Zur Festlegung der Kachelmittelpunkte und der daraus gebildeten Kacheln wurde eigens eine Software erstellt. Diese greift auf ein innerhalb des Parks flächendeckendes 100 m x 100 m-Raster zu und wählt bei jedem Schleifendurchlauf per Randomfunktion einen zufälligen Rasterpunkt aus. Der gezogene Punkt wird anschließend bewertet (Überlappung mit anderen Punkten maximal 25 %, minimale Größe bei Randlage) und mit einer Ordnungsziffer eindeutig benannt. Fiel eine Kachel auf einen Hangbruch-Standort, wurde diese nicht in die Stichprobe einbezogen und dafür eine Ersatzkachel gezogen.

Die Ziehung wurde so lange durchgeführt, bis je NE-Stratum (Straten 01, 03, 04, 05, 06) für eine ausreichende statistische Aussagekraft die Zahl 30 erreicht wurde. Die über die Ordnungszahl 30 hinausgehenden Kacheln die-

nen als Ersatzkacheln für das jeweilige Stratum. Es wurde eine Tabelle aller gezogenen Kacheln erstellt, dabei enthält die Attributtabelle neben der Kachel-ID für jedes Auswerte-Stratum eine Spalte mit der absoluten Fläche. Insgesamt wurden nur 126 Kacheln benötigt, da ein Teil zwei oder mehr Naturräumliche Einheiten beinhaltetete.

IM ÜBERBLICK

- > 8 Naturräumliche Einheiten (Straten) definiert und verortet durch Fernerkundungs- und Flächendaten
- > „Blockschutthalde/Rosselhalden“ und „Hangbrücher“ bilden Sonderstandorte
- > randomisierte Ziehung von Kacheln in jeweiligen Naturräumlichen Einheiten
- > stratifiziert-zufällige Flächenstichproben
- > Grundlage biotischer und abiotischer Untersuchungen

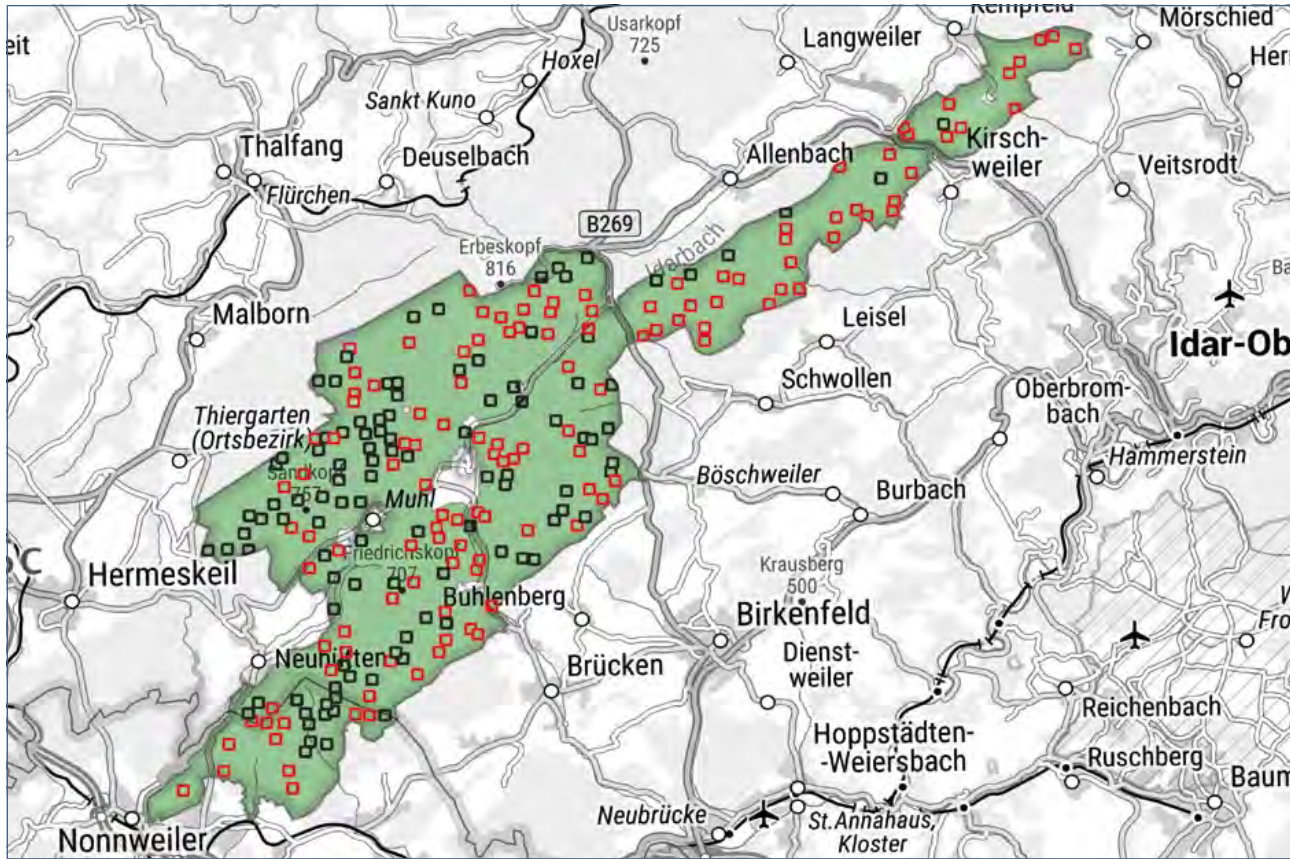


Abbildung 26: Lage der gezogenen Kacheln (Reservekacheln schwarz dargestellt)

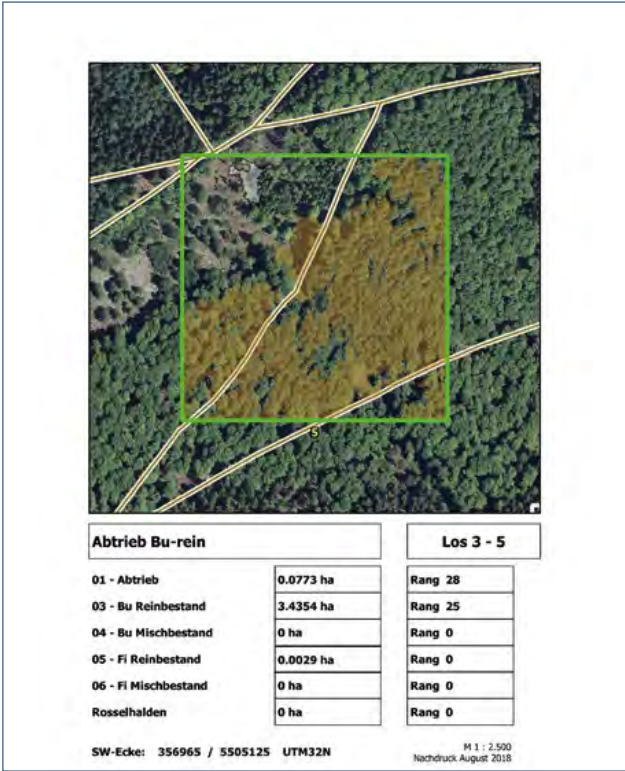


Abbildung 27: Beispiel einer Kachel, die verwendet wird für Untersuchungen der NE03 BU-Reinbestand (ca. 55 % der Suchkulisse), Rang 25 von 30 gezogenen Kacheln

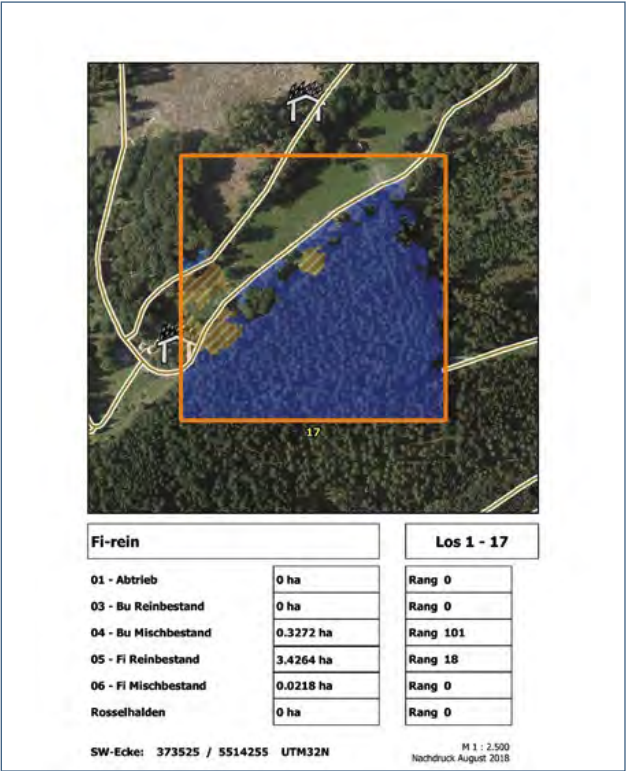


Abbildung 28: Beispiel einer Kachel, die verwendet wird für Untersuchungen der NE05 Fi-Reinbestand (ca. 55 % der Suchkulisse), Rang 18 von 30 gezogenen Kacheln

Sonderfall NE07 (Hangbrücher): Die Hangbrücher sind in ihrer Verteilung und Struktur sehr inhomogen und eignen sich als individuelle Objekte auf Nationalparkebene nicht für ein Stichprobenverfahren. Es ist daher geplant, ausgewählte Objekte detailliert, z. B. mittels Anlage von Transekten, zu untersuchen.

Sonderfall NE08 (Rosshalden): Da bei der Stichprobenziehung aufgrund des geringen Flächenanteils und der topographisch bedingten Verteilung lediglich 9 Kacheln mit Anteil NE „Blockschutthalden/Rosshalden“ gezogen wurden, wurde beschlossen, diese Einheit als individuelle Objekte mit entsprechend modifiziertem Aufnahmedesign zu betrachten. Die Anteile der Rosshalden wurden aus einem Orthofotomosaik verschiedener Jahre und Laser-scanning-Daten der Befliegung von 2015 als Flächenobjekte mittels manueller Digitalisierung unter Einbeziehung zusätzlicher Informationsebenen kartiert, um 30 Meter aufgepuffert und flächenberechnet. Eine Klassifikation des gefilterten Höhenmodells war hilfreich, da Blockschutthal-den durch kleinräumige Höhenunterschiede geprägt sind, eine modifizierte Schummerungskarte wurde generiert.

Die NE-Shapes 01, 03, 04, 05 und 06 wurden mit den Geometrien der Rosshalden geclippt, d. h. durch Abschneiden der Grundobjekte die Rosshalde-Flächen hinzugefügt.

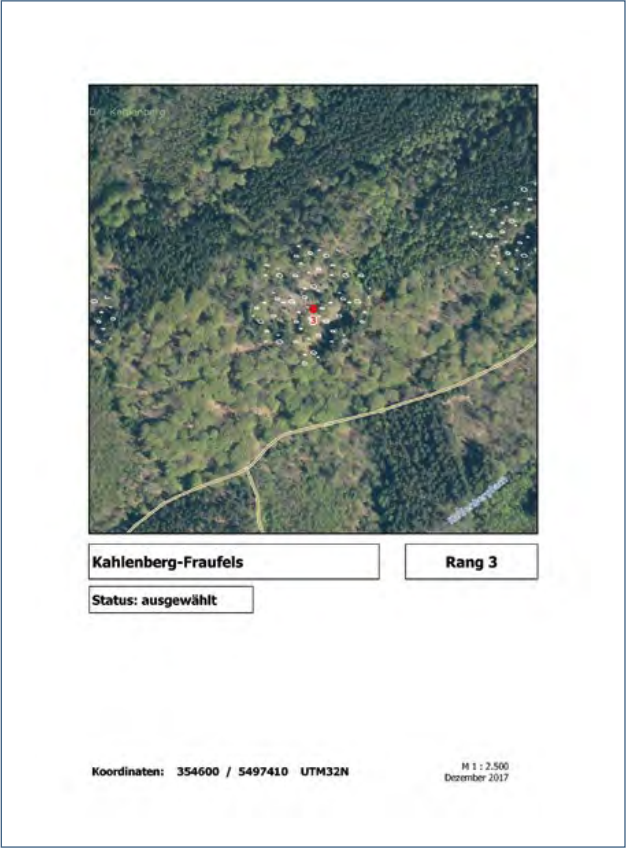


Abbildung 29: Beispiel von Flächen der NE08 Rosshalden

Anwendungen im Rahmen des naturwissenschaftlichen Monitorings

Erste Anwendung fand das Stichprobenflächen-Verfahren bereits bei einer **Vegetationskartierung**, die im Rahmen der sog. Permanenten Stichproben-Inventur (PSI) zur Erhebung der Waldstrukturen im Jahr 2018 durchgeführt wurde.

In den fünf Straten „Freiflächen durch Abtrieb“, „BU-Reinbestand“, „Fi-Reinbestand“, „BU-Mischbestand“ und „Fi-Mischbestand“, die jeweils ein Los bildeten, liegen rd. 120 Kacheln als Suchräume. Jedes Stratum wird durch 30 zufallsgenerierte Kacheln repräsentiert, um die Ergebnisse statistisch abgesichert auswerten zu können. Da in rd. 20 % der Kacheln zwei aufnahmewürdige Straten vorkommen, liegt die Gesamtzahl unter der theoretisch notwendigen Zahl von 150.

Die Vegetation wurde in den Suchräumen auf dauerhaft festgelegten 20 m x 20 m-Flächen aufgenommen. Diese wurden von den Auftragnehmern gutachterlich so festgelegt, dass das Stratum bzw. die „Naturräumliche Einheit (NE)“ repräsentiert wird. Die Anweisungen zur Vegetationsaufnahme entsprechen denen der im Rahmen der 2. Bodenzustandserfassung (BZE II) durchgeführten Erhebung.

In der NE08 „Blockschutthalden/Rosshalden“ wurden aus den in Schritt 1 generierten Rasterpunkten diejenigen selektiert, die in die entsprechenden Flächenobjekte fallen. Aus dieser Selektion wurden 30 Rasterpunkte und 10 Ersatzpunkte randomisiert ausgewählt. Es wurde eine Kryptogamen-Kartierung mit speziellen Aufnahme-Methoden durchgeführt.

In der NE07 „Hangbrücher“ soll eine individuelle Aufnahme nach noch zu bestimmenden Transekten erfolgen.

Alle flächenbezogenen Aufnahmen werden, sofern keine anderen Gründe dagegensprechen, auf dieser Flächenauswahl basierend durchgeführt. Dazu zählen potenziell boden- und standortkundliche ebenso wie zoologische Untersuchungen, z. B. die Erfassung bodengebundener Insekten wie Ameisen oder Laufkäfer und viele andere Untersuchungen. Jüngste Anwendungen des Flächenstichproben-Verfahrens erfolgten im Rahmen der Basis-Aufnahmen von Pilzen und Rindenwanzen im Nationalpark Hunsrück-Hochwald.

Quellen

Abschlussbericht „Entwicklung von Informationsebenen zur Vorbereitung eines Monitorings im Nationalpark Hunsrück-Hochwald“ / Forstliche Forschungsförderung Nr. 5.3-01-2016 vom 31.12.2016

Zentralstelle der Forstverwaltung, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, 67705 Trippstadt
Universität Trier, Fachbereich VI, Raum- und Umweltwissenschaften / Umweltfernerkundung und Geoinformatik, 54296 Trier



DIE AUTOREN

Dr. Ernst Segatz, zum Zeitpunkt der Arbeit wissenschaftlicher Mitarbeiter der

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwissenschaft (FAWF) Rheinland-Pfalz, Fachbereich Ökologische Waldentwicklung

Dr. Johannes Stoffels, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Trier, Fachbereich Umweltfernerkundung und Geoinformatik

Eric Haß M.Sc., zum Zeitpunkt der Arbeit wissenschaftliche Hilfskraft der Universität Trier, Fachbereich Umweltfernerkundung und Geoinformatik

Dr. Steffen Caspari, zum Zeitpunkt dieser Arbeit stellvertretender Leiter des Zentrums für Biodokumentation des Saarlands, Referat D/2. Arten- und Biotopschutz, Spezialist für Botanik und Entomologie sowie botanische und zoologische Flächenstichprobenerhebungen

Markus Klein, Mitarbeiter des Nationalparkamts Hunsrück-Hochwald in Birkenfeld, Abt. Querschnittsfunktionen, EDV-Spezialist

Rainer-Maria Kreten, Mitarbeiter des Nationalparkamts Hunsrück-Hochwald in Birkenfeld, Abt. Querschnittsfunktionen, EDV-Spezialist

Durch die Zusammenführung der unterschiedlichen physikalischen und biologischen Daten ergibt sich die Möglichkeit, statistisch abgesicherte Zusammenhänge zu erforschen.

Zudem wird eine regelmäßige Wiederholung der Berechnung der Straten ins Auge gefasst, um die dynamischen Entwicklungen und damit die Veränderungen in den Naturräumlichen Einheiten abbilden zu können.

DER FORSCHUNGSSERVER

Eine Informationsplattform (nicht nur) für den Nationalpark Hunsrück-Hochwald

03

Zur Dokumentation der vielfältigen Forschungstätigkeiten im Nationalpark Hunsrück-Hochwald wurde bereits mit Eröffnung des Parks ein Informationssystem etabliert, welches allen Akteuren einen umfassenden Überblick zu den aktuellen und abgeschlossenen Forschungsarbeiten im Nationalpark sowie der Nationalparkregion ermöglicht. Neben dem Ziel, die stattfindende Forschung transparent werden zu lassen, werden mit diesem Werkzeug zeitraubende Recherchearbeiten für die einzelnen Arbeitsgruppen vermieden. Mögliche Synergieeffekte zwischen unterschiedlichen Arbeitsgruppen können mit diesem Tool zudem genutzt werden. Der Forschungsserver wird im Rahmen einer nationalparkübergreifenden Zusammenarbeit mittlerweile auch von den Parks Hainich, Schwarzwald und Eifel eingesetzt.

Motivation

In Großschutzgebieten wie Nationalparks ist – neben dem traditionellen Monitoring – auch angewandte, umsetzungsorientierte Forschung durchzuführen. Diese umfasst sowohl sozialwissenschaftliche als auch wirtschafts- und umweltwissenschaftliche Forschungsfelder. So werden auch im Nationalpark Hunsrück-Hochwald – neben den bereits vor Ausweisung durchgeführten Forschungsarbeiten und Aktivitäten z. B. seitens Landesforsten oder auch von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft – bereits mittelfristig eine Vielzahl von Themen im Rahmen individueller Forschungstätigkeiten (z. B. Bachelor-, Masterarbeiten, Dissertationen), durch Gutachten oder größere Forschungsprojekte und -verbundvorhaben, aber auch von Seiten des ehrenamtlichen Natur- und Umweltschutzes bzw. von Citizen-Science-Kampagnen bearbeitet werden.

Aufgrund der Vielfalt der möglichen Forschungsthemen sowie der hohen Diversität der Akteure stellt sich die Frage nach einer strukturierten und zeitnahen Dokumentation dieser Forschungsaktivitäten, um insbesondere einerseits eine spätere, retrospektive Auffindbarkeit und Verfügbarkeit der geleisteten Arbeiten für Interessierte zu garantieren. Zum anderen ist es im Sinne der Förderung des Wissensaustauschs und der Kommunikation zwischen den Forschenden wichtig, dass sich Experten und die interessierte Öffentlichkeit über abgeschlossene, laufende und geplante Forschungsvorhaben und gewonnene Ergebnisse zeitnah informieren können sowie kurzfristig einen Überblick zu den über das Gebiet vorhandenen

kartographischen Informationen, die dort betriebenen Messnetze, das Arteninventar oder aber auch Dauerbeobachtungsflächen erhalten.

Um wie beschrieben allen Akteuren der verschiedensten Institutionen einen zentralen und effizienten Einstieg in die Literatur- und Datenlandschaft des Nationalparks Hunsrück-Hochwald zu ermöglichen, wurde von den Verantwortlichen bereits auf dem Weg hin zum Nationalpark überlegt, wie ein entsprechendes Daten- und Informationsportal gestaltet werden könnte. In gemeinsamer Diskussion mit dem Institut für Softwaresysteme am Umwelt-Campus der Hochschule Trier wurde letztlich die Idee geboren, einen „Forschungsserver“ aufzubauen, welcher als wissenschaftliches Informationsportal allen Forschungsgruppen zur Verfügung steht, um künftig kostspielige, redundante Datenerhebungen sowie zeitraubende Recherchearbeiten für die einzelnen Arbeitsgruppen zu vermeiden. Zudem wird die stattfindende Forschung transparenter, mögliche Synergieeffekte können somit auch eher genutzt werden.

Die Informationsrecherche über die zu den Forschungsarbeiten erfassten Metadaten soll dem Systemnutzer letztendlich ganz im Sinne der OpenData-Aktivitäten die Frage beantworten, wer wo über welche Information verfügt und wie diese abrufbar ist.

Neben den Forschungstreibenden bekunden auch interessierte Bürger, aber auch Touristen, ein starkes Interesse an den Aktivitäten, Besonderheiten und Bildungsmöglichkeiten im Nationalpark. Dieses Interesse der Öffentlichkeit am Ist-Zustand sowie der weiteren Entwicklung des Nationalparks soll durch einen allgemein zugänglichen Teil des Informationssystems befriedigt werden.

Anforderungsanalyse

Die Bedeutung eines Informationssystems zur Dokumentation und Recherche über den Nationalpark wird im Wesentlichen durch die Erreichbarkeit, die Datenqualität, den Grad der Übereinstimmung von Informationsangebot und Informationsnachfrage sowie seine Integration in die vorhandene Systemlandschaft bestimmt [1].

Um diese Faktoren angemessen berücksichtigen zu können, wurde vor dem Systemdesign unter Befragung der Stakeholder eine Anforderungsanalyse durchgeführt. In dieser wurden neben den Nutzeranforderungen und der aktuellen Verfügbarkeit von Umweltinformationen auch die Rahmenbedingungen für eine Interoperabilität mit externen Systemen betrachtet. Überdies wurde eine Analyse der Informationssysteme aller Nationalparke und Biosphärenreservate im deutschsprachigen Raum hinsichtlich der Qualität und der Quantität der jeweils bereitgestellten Informationen durchgeführt. Auch Aspekte der künftigen Datenerfassung, -pflege und zur Systemadministration wurden in diesem Arbeitsschritt berücksichtigt.

Aus dieser Anforderungsanalyse resultierten dann folgende zentrale Anforderungen an das aufzubauende System:

- Verfügbarkeit eines Metadateneditors und einer Datenbank zur Erfassung und Verwaltung der Metadaten im Zusammenhang mit Aktivitäten im Bereich der Nationalparkforschung
- Verfügbarkeit einer Portal- bzw. Web-Anwendung für die Suche und Präsentation
- Verfügbarkeit eines GeoServers sowie eines Karten-Viewers zur Darstellung und Bereitstellung von Geoinformation als Download-Services (z. B. WFS, WCS)
- Ankündigungsmöglichkeit von Forschungsthemen für interessierte Studierende
- Erweiterungsmöglichkeiten, insbesondere Schnittstellen für Import und Export, sowie Zugriff auf externe Datenbanken und Datenkataloge
- Umsetzung unter Berücksichtigung der Designvorgaben der Nationalparkverwaltung

Technisches Konzept und Realisierung

Um Lizenzkosten beim Betrieb des Systems zu vermeiden, war bereits zu Beginn die Entwicklung des Forschungsservers unter Verwendung von freien Softwareprodukten vorgesehen. Bei der Recherche nach bereits verfügbaren Out-of-the-box-Lösungen stellte sich insbesondere das



DIE AUTOREN

Prof. Dr. Peter Fischer-Stabel leitet das Lehr- und Forschungsgebiet Geoinformatik und Visualisierung am Umwelt-Campus der Hochschule Trier. Als Direktor des

Institutes für Softwaresysteme der Hochschule Trier liegen die Schwerpunkte seiner Forschungstätigkeiten im Design von Umwelt-Informationssystemen sowie im Umweltmonitoring. Neben seiner Hochschultätigkeit ist er im ehrenamtlichen Naturschutz aktiv, unter anderem als Ranger im UNESCO Biosphärenreservat Bliesgau.

Michael Mattern, Beschäftigter FB Umweltplanung/-technik - FR Maschinenbau Umwelt-Campus Birkenfeld.



Markus Klein, Mitarbeiter des Nationalparkamtes Hunsrück-Hochwald, zuständig für Informationstechnik, GIS und Kartographie. Betreut in einem Schwerpunkt die IT-Fachverfahren im Nationalparkamt und zeichnet sich mitverantwortlich für die technische Verfahrensentwicklung, das Datenmanagement und Datenanalyse im Fachbereich Forschung und Monitoring.

Softwarepaket InGrid®, welches für den Betrieb des Umweltportals Deutschland PortalU® entwickelt und auch weiterhin angepasst wird, als eine für unsere Fragestellung geeignete Softwarebasis heraus.

„InGrid® wurde zwischen 2005 und 2014 im Rahmen der Bund/Länder-Verwaltungsvereinbarung UDK/GEIN entwickelt, unter anderem um die Verpflichtungen, die sich aus der Umsetzung der relevanten europäischen und nationalen Gesetzgebungen (z. B. Umweltinformationsrichtlinie / Umweltinformationsgesetz, INSPIRE-Richtlinie Geodateninfrastruktur- bzw. -zugangsgesetze) ergeben, zu erfüllen.“ [2]

InGrid® ist eine modular aufgebaute Software, die vielfältig eingesetzt werden kann. Kernkomponenten von InGrid® sind dabei ein Web-Portal, eine Suchmaschine, ein INSPIRE-konformer Metadatenkatalog, eine Visualisierungskomponente für OGC Web Map Services sowie diverse An- und Abfrageschnittstellen, die für die Recherche der angeschlossenen Komponenten, aber auch für die Weiterleitung der Ergebnisse an externe Systeme erforderlich sind. Technisch lassen sich die InGrid-Module in Infrastruktur-, Portal- und Katalogkomponenten gliedern. Zu den Infrastrukturkomponenten zählen der „iBus“ (zentrale Vermittlungskomponente zwischen Anfragen und Antworten), die „iPlugs“ (Komponenten zum Anschluss externer Datenquellen), die offenen Abfrageschnittstellen (OGC Catalog Service Web, OpenSearch) sowie die Suchmaschinenkomponenten (Web-Crawler und Indexierer).

Die Portalkomponenten umfassen eine über Profile an die eigenen Bedürfnisse anpassbare Web-Rechercheoberfläche sowie einen Visualisierungs-Client für OGC Web

Map Services. Zu den Katalogkomponenten zählen die webbasierte Metadatenerfassungskomponente „InGrid-Editor“ sowie einzelne, spezialisierte Bestandteile der Infrastruktur und Portalkomponenten (siehe hierzu auch [2]).

Insbesondere aufgrund des iPlug-Konzeptes von InGrid®, welches im Bereich der Suchmaschinen bereits seit längerem erfolgreich eingesetzt wird, ergibt sich ein erweiterbares, flexibles und damit auch skalierbares System. Nachfolgende Abbildung skizziert schematisch das modulare Konzept von InGrid®. Zentrale Module sind dabei der Informationsbroker (iBus), die Schnittstellen zu den Datenquellen (iPlugs), die Schnittstellen zur Portaloberfläche und offene Schnittstellen zur Weitergabe von Informationen an andere Systeme.

Wie oben erwähnt, basiert die Software-Umgebung auf Open-Source-Tools: Ubuntu LTS, Apache Webserver, MySQL für InGrid®, MySQL mit GeoDB-Extension zur Verwaltung von GIS-Daten, GeoServer, Java und Apache Tomcat.

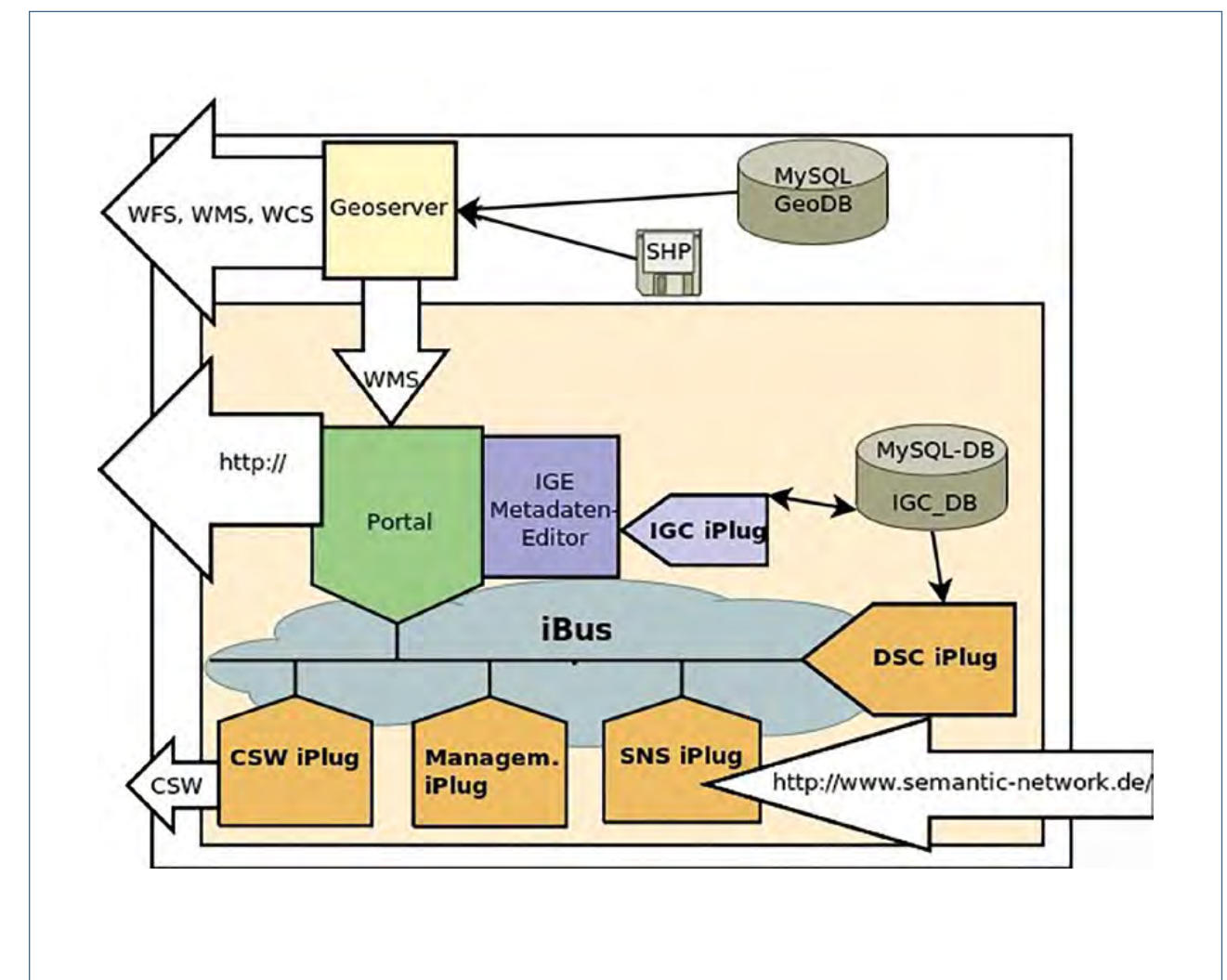


Abbildung 1: Modularer Aufbau von InGrid® (verändert nach [3])

IM ÜBERBLICK

- > Zeitgemäße Dokumentation der Forschungsaktivitäten im Nationalpark mittels webbasiertem Informationssystem
- > Freier Zugang zu Informationen bzgl. Forschung & Entwicklung im Park und in der Nationalparkregion
- > Nationalparkübergreifende Zusammenarbeit
- > Forschungsserver wird derzeit von 3 deutschen Nationalparks als gemeinsames Metainformationssystem genutzt, 1 weiterer Nationalpark testet die Verwendung aktuell
- > In den 4 Katalogen sind derzeit 924 Objekte erfasst, davon 609 Projekte, und 1151 Adressen werden referenziert, davon 614 Personen.

Datenerfassung

Neben einer Entscheidung über die Art der softwareseitigen Realisierung des Informationssystems stellte sich auch die Frage der Organisation des eigentlichen Datenbestandes. Hier können alle Vorteile eines webbasierten Informationssystems genutzt werden. Entweder erfolgt die Datenerfassung an zentraler Stelle, z. B. im Nationalparkamt, oder jede Forschergruppe, die im Nationalpark tätig ist, erfasst – nach dem Erhalt eigener Zugangsdaten – selbstständig die entsprechenden Daten. Erfahrungsgemäß wurde zu Beginn des operationellen Betriebs die Datenerfassung zentral über die Nationalparkverwaltung organisiert. Diese kann jedoch sukzessive durch die Mitarbeit der beteiligten Akteure ergänzt werden.

Die Nutzerverwaltung wird dabei über die Portalsoftware realisiert. Hierbei hat jeder eingetragene Benutzer Zugang zum Objektbaum und kann dort Datensätze erfassen und aktualisieren. Die Erstellung von Zugangsdaten erfolgt nach Anfrage durch den jeweiligen Interessenten an die Systemadministratoren im Nationalparkamt.

Für die eigentliche Datenerfassung existiert die Metadatenersassungskomponente von InGrid®, der InGrid® Editor.

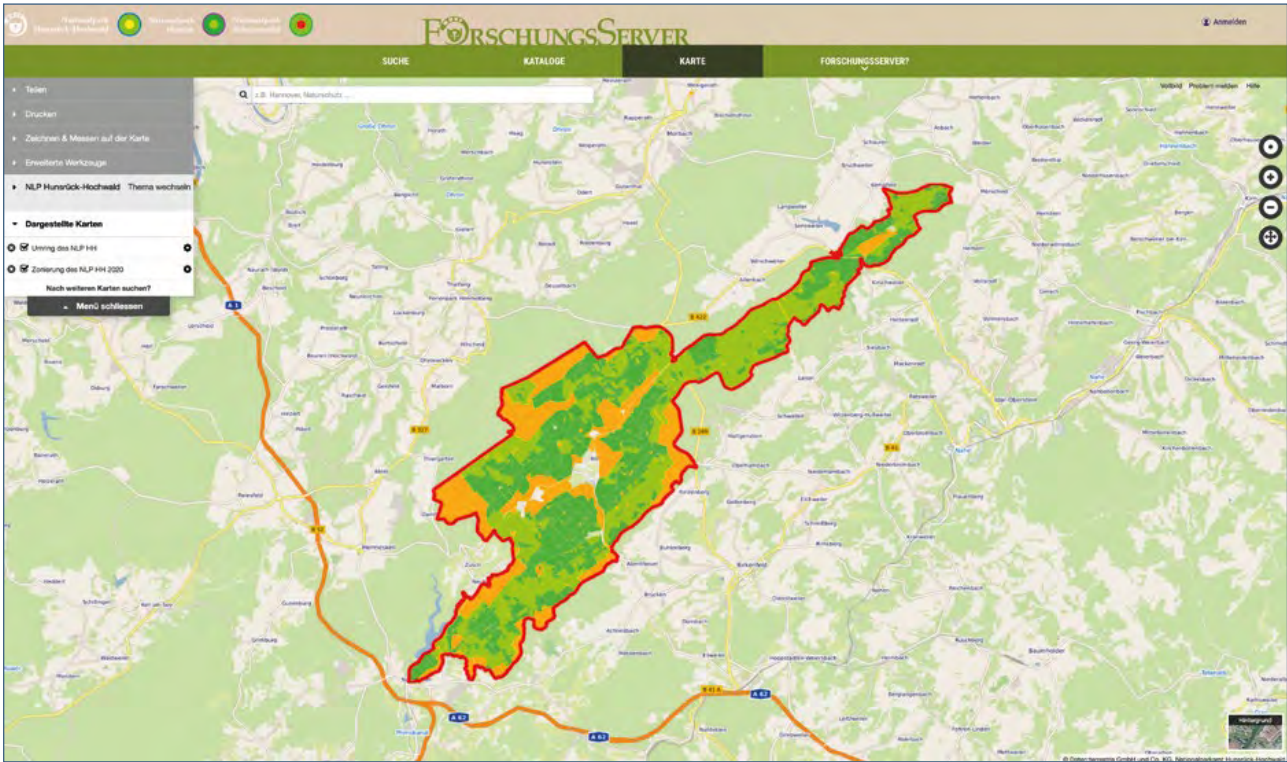


Abbildung 3: Nutzeroberfläche Kartenmodul

Dieser Editor ist sowohl für die Erfassung als auch die Pflege der Metadaten sehr gut geeignet. Zur Einweisung in die Nutzung dieser Erfassungskomponente wurde ein entsprechendes Dokument entworfen [4], welches auch zu Schulungszwecken verwendet werden kann.

Installation und operationeller Betrieb

Der Prototyp wurde bezüglich der Datenübernahme, Recherche-funktionalität sowie der Geodatenbereitstellung erfolgreich getestet. Im Anschluss an die Entwicklungs- und Testphase wurde die Software auf der IT-Infrastruktur beim Landesbetrieb Daten und Information (LDI) installiert und ist dort seit August 2016 unter der URL <https://fs.nlpvh.de/> erreichbar.

Nationalparkübergreifende Zusammenarbeit

Neben den bereits beschriebenen primären Zielen beim Aufbau des Forschungsservers wurde bei der Konzeption und dem Aufbau bewusst die Möglichkeit einer gemeinsamen Nutzung der Plattform durch weitere Nationalparke oder Nationale Naturlandschaften vorgesehen.

Hier bietet das verwendete Softwarepaket InGrid® aufgrund seiner technischen Spezifikationen die optimale Grundlage. Die im Forschungsserver eingebundenen Kataloge und sonstigen Quellen werden auch bei unterschiedlichen Konzepten für die Verwaltung der Metainformationen durch die Verwendung des Metadaten-schemas des Umweltdatenkataloges in einer einheitlichen, vergleichbaren und katalogübergreifenden Art und Weise auffindbar und darstellbar.

Nach der Inbetriebnahme des Forschungsservers durch den Nationalpark Hunsrück-Hochwald im August 2016 wurden das System und die damit verbundenen Ziele den Partnern innerhalb der EuroParc-Gruppe vorgestellt. In der Folge zeigten einige Nationalparke Interesse an der Lösung. Der Nationalpark Hainich startete bereits im Jahr 2016 mit einem Testbetrieb. Seit 2017 wird der Forschungsserver von den beiden Nationalparks Hunsrück-Hochwald und Hainich als gemeinschaftliches Metainformationssystem genutzt. Seit dem Jahr 2019 hat sich auch der Nationalpark Schwarzwald entschieden, seinen Metadatenkatalog mit Hilfe der Werkzeuge des Forschungsservers zu verwalten. Der Nationalpark Eifel prüft seit dem Frühjahr 2020 die Eignung des Forschungsservers für seine Zwecke. Vor diesem Hintergrund haben sich die aktuell beteiligten Nationalparke Ende 2019 entschieden, eine Kooperationsvereinbarung zu erarbeiten, um eine bessere Steuerung der verfügbaren Ressourcen

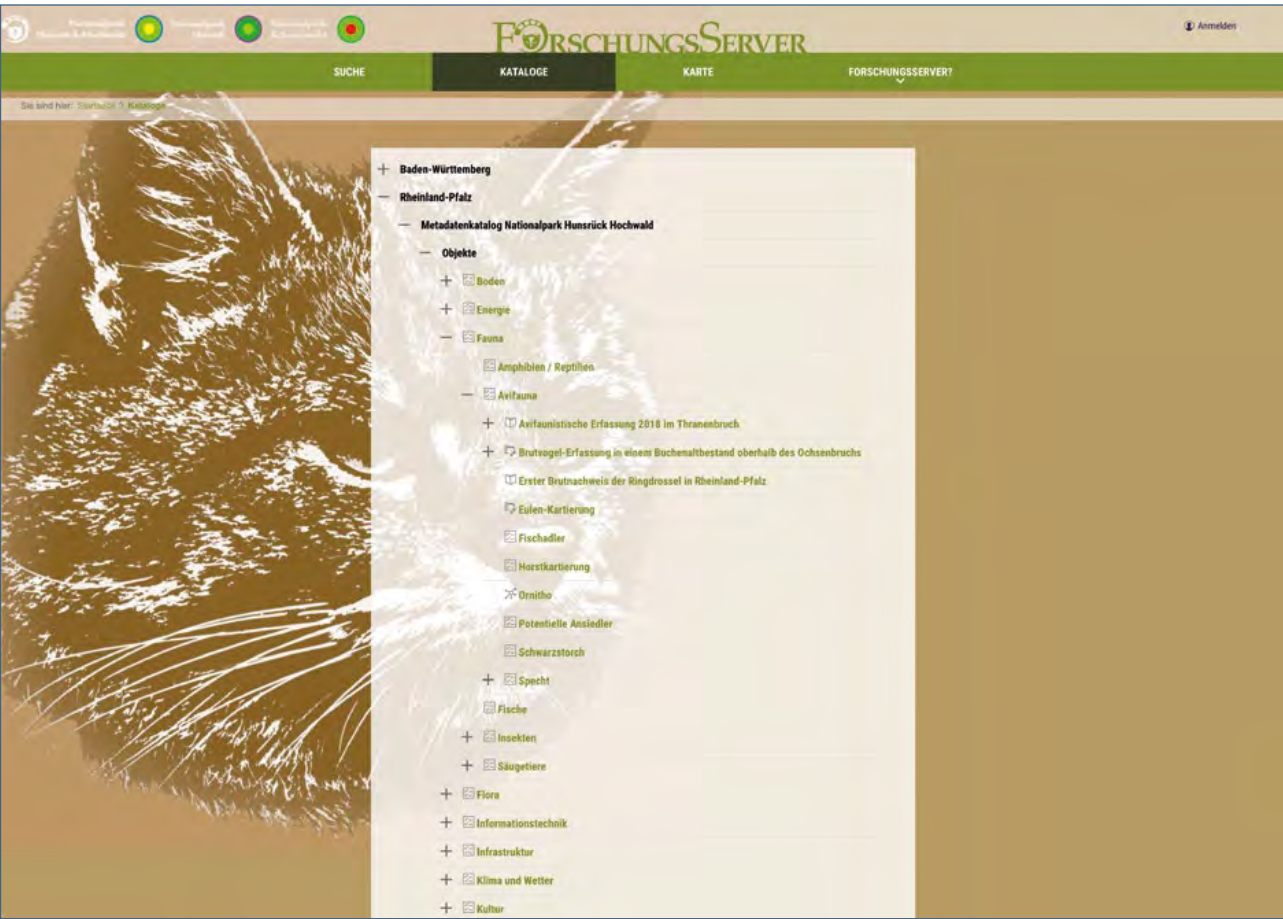


Abbildung 2: Nutzeroberfläche Kataloge

bei gemeinschaftlicher Entwicklung und Pflege des Forschungsservers zu erreichen.

Der Forschungsserver ist seit 2020 ein Teilprojekt in dem DFG-geförderten Verbundprojekt „Nationale Forschungsdateninfrastruktur 4 Biodiversity“ (NFDI4BioDiversity [5]). Das Verbundprojekt ist ein Zusammenschluss von 50 Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Fachbehörden unter der Federführung der Universität Bremen. In Bezug auf den Forschungsserver ist es das Ziel, das Softwaresystem des Forschungsservers als zentrales Metainformations- und Dokumentationssystem für die NFDI4BioDiversity auszubauen und weiterzuentwickeln. Das Projekt NFDI4BioDiversity ist auf 5 Jahre ausgelegt und wird über eine zentrale Geschäftsstelle koordiniert. In diesem Rahmen wird eine zentrale Gruppe von IT-Spezialisten installiert, die unter anderem für das Teilprojekt des Forschungsservers zur Verfügung stehen.

Fazit und Ausblick

Die Dokumentation und damit ein Nachweis der eigenen oder ggf. im Auftrag ausgeführten Tätigkeiten wird allgemein immer wichtiger, sowohl für die eigene Arbeit, die Zusammenarbeit mit Dritten, aber auch vor dem Hintergrund der Anforderungen, die durch die Gesetzgeber an die öffentliche Verwaltung herangetragen werden, wie zum Beispiel aktuell durch das Onlinezugangsgesetz (OZG), das GDIG, das UIG und einige mehr. Deshalb werden zum einen die Kooperationspartner das Informationsangebot sukzessive erweitern und weitere Metadatenquellen anbinden. Zum anderen wird es eine Herausforderung des Forschungsservers sein, auch Verfahren zur Verwaltung von Dokumenten und Daten, konkret der Geofachdaten, anzubieten. Durch die stärkere Einbettung des Forschungsservers über die Nationalparkverwaltungen hinweg in die Forschungsebene, wie z. B. NFDI4BioDiversity, verspricht sich die Kooperation einen entsprechenden Schub.

Quellen

- [1] **Fischer-Stabel, P. Mattern, M. (2016):** Scientific Research Documentation - An Information Server for the National Park Hunsrück-Hochwald.- International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs), Proceedings of the 8th Int. Congress on Environmental Modelling and Software, Toulouse, France
- [2] **Umweltbundesamt (2017):** Vereinbarung über die Kooperation bei Konzeptionen und Entwicklungen von Software für Umweltinformationssysteme (VKoopUIS); Übersicht der laufenden Projekte (Stand 19.06.2017).- Online im Internet unter www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/362/dokumente/2017-06-19_projektuebersicht_koopuis.pdf
- [3] **InGrid:** Indexieren, Recherchieren, Visualisieren, Teilen.- Online im Internet unter www.ingrid-oss.eu/latest/index.html
- [4] **Fischer-Stabel, P.; Mattern, M.; Kregel, A.-C. (2016):** Forschungsserver Nationalpark Hunsrück-Hochwald – Anleitung zur Erfassung von Metadaten.- In: Abschlussbericht zum F&E-Projekt Forschungsserver Hunsrück-Hochwald
- [5] **NFDI4BioDiversity - A Consortium for the National Research Data Infrastructure (NFDI):** www.nfdi4biodiversity.org



NATURSCHUTZ UND KULTURELLES ERBE

...in Deutschlands jüngstem Nationalpark:
Spiegelbild der Vergangenheit – Herausforderung für die Zukunft

04

Das Wissen über die flächige Entwicklung und Prägung der heutigen Landschaft des Nationalparks Hunsrück-Hochwald ist heute erstaunlich gering. Kenntnisse darüber sind aber notwendig, um einerseits ein nachhaltiges Landschaftsmanagement betreiben zu können, andererseits, um den Zweck des Nationalparks Hunsrück-Hochwald zu erfüllen. Die heutige landschaftliche Ausstattung des Hochwaldes basiert insbesondere auf waldbaulichen Entscheidungen Anfang des 19. Jahrhunderts. In den folgenden Jahrzehnten entwickelte sich der Hochwald von einem erst noch multifunktionell genutzten Laubwald zu einem stammholzproduzierenden, stark von der Fichte geprägten Forst. Erst die waldbauliche Neuorientierung der letzten 30 Jahre führte zur Etablierung eines stabileren, standortgerechteren und diverseren Waldes. Heute ist der Hochwald eine tiefgreifend durch den Menschen geprägte Landschaft. Eine große Zahl der in den letzten 250 Jahren abgelaufenen Eingriffe sind entweder anhand morphologischer Spuren oder spezifischer Wuchsformen nachzuvollziehen. Vielen dieser Strukturen wird heute ein landeskultureller und naturschutzfachlicher Wert beigemessen, der dauerhaft nur durch aktive Eingriffe zu erhalten ist. Die landschaftliche Entwicklung des Hochwaldes wird in Zukunft weitgehend sich selbst überlassen. Durch die Persistenz vieler Eingriffe wird der überwiegende Teil der künftig ablaufenden Naturprozesse aber auch weiterhin durch den Menschen beeinflusst sein.

Einleitung

Im Nationalpark Hunsrück-Hochwald wird bis zum Jahr 2045 auf 75 % seiner Fläche Prozessschutz herrschen. Bis dahin werden aktive menschliche Einflussnahmen sukzessive zurückgefahren und eine natürliche Entwicklung der dort ablaufenden Naturprozesse ermöglicht. Der Zweck des Nationalparks wird im Staatsvertrag zur Gründung des Nationalparks erläutert. Er verlangt den ungestörten Ablauf der Naturvorgänge in ihrer natürlichen Dynamik sowie Schutz und Wiederherstellung natürlich vorkommender Lebensraumtypen und wildlebender Tier- und Pflanzenarten. Die aufgeführten Zielsetzungen weisen einen klaren kulturlandschaftlichen Bezug auf, denn bei dem 2015 unter Schutz gestellten Hochwald handelt es sich um ein intensiv durch den Menschen in Anspruch genommenes und verändertes Waldgebiet. Der Staatsvertrag geht auch auf die menschliche Prägung dieses Gebietes ein, indem er beispielsweise die Bewahrung landschaftlicher Schönheit und den Schutz kulturhistorischer und naturgeschichtlich wertvoller Denkmäler und Flächen verlangt (SV-NLPHH 2015). Die Kenntnisse über die flächige Entwicklung und Prägung der Hochwaldregion durch den Menschen sind

heute gering. Dabei ist genau dieses Wissen notwendig, um den Zweck des Nationalparks dauerhaft erfüllen zu können. Es trägt darüber hinaus zum aktiven Landschaftsmanagement bei, das Voraussetzung zur nachhaltigen Entwicklung dieser Region ist (u. a. Christensen 1989; Konold & Petit 2013; Schultheiß et al. 2020; Schultheiß & Senkiv 2020).

Die landschaftliche Entwicklung des Hochwaldes

Der westliche Hunsrück ist mindestens seit dem 3. Jahrtausend vor Christus durch anthropogene Einflussnahme geprägt (Bauer 1962; 2011; Joachim 1997a; b; c; Ritter 2016; Gröber 2019). Das heutige Landschaftsbild resultiert vor allem aus Prozessen, die im 15. und 16. Jahrhundert im Hochwald einsetzten. Zu jener Zeit wuchsen sowohl das im Hunsrück ansässige Eisengewerbe als auch die Bevölkerungszahl stark an und der Hochwald wurde immer stärker zur Ressourcengewinnung in Anspruch genommen. Innerhalb weniger Jahre kam es zur Übernutzung des Hochwaldes; zu Kahlhieben und ausgedehnter Entwicklung von

Niederwäldern. Versuche, diese Entwicklungen mittels Reglementierungen und Waldaufbauinitiativen zu begrenzen, waren erfolglos (Karl & Phillip 1586; Arndt et al. 1859; Braun 1991). Während des verheerenden Dreißigjährigen Krieges sanken Bevölkerungszahl und wirtschaftliche Aktivität, wodurch große Teile der entstandenen Kulturlandschaft wieder verschwanden (Hopstätter 1938; Braun 1991).

Das Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft nahm nach Ende des Dreißigjährigen Krieges schnell wieder zu. Damit ging vor allem eine immer stärkere Ausdehnung der Köhlerei einher (Schmitt 1961). Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts war der Hochwald von großflächigen Nieder- und Mittelwaldstrukturen, Kahl- und Ödflächen, Verbiss durch Waldweide, fehlendem Jungwuchs und dem Vorhandensein einer Vielzahl von Waldwiesen geprägt. Eine dauerhafte Ressourcenversorgung konnte nicht mehr gewährleistet werden. Versuche, dieser Entwicklung entgegenzusteuern, existierten nur in einzelnen Herrschaftsbereichen und waren selten erfolgreich (Ludwig 1720; Wenceslaus 1786; Kling 1790).

Zur damaligen Zeit orientierte sich die vorkommende Vegetation noch weitgehend an den Bodenverhältnissen: Auf Trockenstandorten stockte die Buche, in tieferen Lagen im Süden die Eiche als Hauptbaumart. Auf den Bruchern fand sich Weichholz, das meist im Nieder-

waldbetrieb bewirtschaftet wurde (Werner 1759a; b). Das Wegenetz war vergleichsweise dünn; Wege verliefen entlang der Höhenlinien und dort, wo der Boden eine geringe Feuchte aufwies.

Die französische Zeit war für die Landschaftsentwicklung des Hochwaldes eine der einschneidenden Perioden der Geschichte. Sie legte die Grundlage sowohl für die Waldbehandlung der folgenden zwei Jahrhunderte als auch für die Entwicklung des heutigen Landschaftsbildes. Die französische Verwaltung setzte sich bereits ab 1805 für eine nachhaltigere Waldbehandlung ein, um die dauerhafte Ressourcenversorgung zu sichern. Sie etablierte eine personell und finanziell gut ausgestattete Forstverwaltung, die im Grunde bis heute besteht. Sie setzte Nutzungsreglementierungen und Waldaufbauprogramme durch. Dazu zählten auch die großflächige Einbringung der Fichte und die Entwässerung von Bruchflächen. Außerdem richtete sie den Wald großflächig ein und erschloss ihn vollständig mit einem engen Wegenetz (1810a; b; Merling et al. 1809; 1810a; b; Massa & Suzanne 1811; 1813; KAC 1814; Anonymus 1816; Baudrillart 1821).

Die Inanspruchnahme des Hochwaldes stieg nach Ende der französischen Herrschaft weiter an. Die Nutzungsbedürfnisse änderten sich jedoch und setzten damit in den 1820er-Jahren neue landschaftliche Entwicklungen in

Gang: Durch die zunehmende Stallhaltung wurden die vorhandenen Waldwiesen weitgehend obsolet und auch die Waldweide wurde immer seltener betrieben; gleichzeitig stieg der Bedarf nach Streu und Gras, welches im Wald gesammelt werden musste (Edelmann 1922). Die Nachfrage nach Brenn-, Kohl- und Stammholz war weiter groß (Arndt et al. 1859; Arndt & Helbron 1863). Durch finanzielle Schwierigkeiten unterblieben waldbauliche Tätigkeiten Preußens fast komplett. Die Übernutzung des Hochwaldes verstärkte sich in dieser Zeit erheblich – nicht zuletzt, da die preußische Verwaltung keinen nennenswerten Waldaufbau betrieb und viele französische Nutzungsreglementierungen aufhob (Arndt & Helbron 1863). Weitere Folgen waren die stete Ausdehnung der Niederwaldbewirtschaftung, Auslichtungen der Bestände, Verfallen von Wegen und Unterbleiben von Jungwuchs (Arndt et al. 1860; Arndt & Helbron 1863).

Zwischen 1830 und 1850 veränderten sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des Hochwaldes grundlegend. Eine bessere infrastrukturelle Erschließung und Anbindung an neue Absatzmärkte brachte eine erhöhte Nachfrage nach Nutzholz, aber auch bessere Exportmöglichkeiten. Der steigende Wohlstand verminderte die Nebennutzungen (Arndt & Helbron 1863). Die preußische Regierung erkannte den steigenden monetären Wert des Waldes und intensivierte die waldbaulichen Aktivitäten auf Basis alter französischer Planungen. Teil davon war die flächige Einbringung verschiedener Nadelbaumarten, vor allem der Fichte, die sich schnell als dauerhaft geförderter Wirtschaftsbaum etablierte. Weitere Nadelbaumarten fanden ebenfalls ihren Weg in den Hochwald, auch aus landschaftsästhetischen Gründen. Zusätzlich wurden Waldwiesen und Brücher verstärkt entwässert und dort die Fichte eingebracht (Hoch 1861; Arndt & Helbron 1863; Meyer 1883). Zugleich verstärkte sich die infrastrukturelle Erschließung des Hochwaldes (Arndt et al. 1860).

Bis zum Ersten Weltkrieg änderte sich an dieser Entwicklung wenig. Das Ziel eines fichtendominierten, stammholzproduzierenden Altersklassenwaldes wurde immer stärker vorangetrieben. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts waren die meisten Bruchgebiete und ehemalige Wiesenflächen entwässert und in Fichtenbestände umgebaut; die Eiche verlor ebenfalls an Bedeutung (Haesecke 1885a; b). Da die Industrie und die Bevölkerung zunehmend auf modernere Befeuermethoden umgestiegen waren, wurden viele Buchen entfernt und durch Fichten ersetzt (Rheinen 1926; Anonymus 1929).

In den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts erfuhr der Hochwald noch einmal tiefgreifende Veränderungen. Der aus Hessen stammende Forstmann Otto

Kaiser (1824-1915) wurde in den Hochwald versetzt, um den Waldbau zu modernisieren. Er plante ein wirtschaftlicheres Wegenetz, welches sich an den Höhenlinien orientierte und damit vom bisherigen schachbrettartigen Wegenetz abwich. Außerdem wurden die Wege absichtlich durch Quellbereiche gelegt, um die Brücher weiter zu entwässern (Kaiser 1902).



DER AUTOR

Dr. Jörn Schultheiß ist seit 2019 wissenschaftlicher Referent für das Kompetenzzentrum Kulturlandschaft an der

Hochschule Geisenheim University. Im Rahmen seiner Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg beschäftigte er sich in den letzten Jahren intensiv mit der vergangenen und künftigen kulturlandschaftlichen Entwicklung des Nationalparks Hunsrück-Hochwald.

Der Erste Weltkrieg stoppte die seit Jahrzehnten vorhandenen waldbaulichen Initiativen und es wurden wieder verstärkte Einschlüge betrieben. Die Regierung erlaubte der Bevölkerung, zwischenzeitlich abgeschaffte Nebennutzungen wieder anzuwenden. Der Waldzustand verschlechterte sich rasch (Wegener 1914). An dieser Situation änderte sich auch in den Nachkriegsjahren zunächst nichts (Kantz et al. 1929).

Nachdem sich Mitte der 1920er-Jahre die wirtschaftliche Lage im Deutschen Reich wieder besserte, wurden die im Krieg ausgesetzten waldbaulichen Maßnahmen fortgeführt und die Nebennutzungen wieder eingeschränkt (Anonymus 1929). Auf die weitere Umsetzung des vom Kaiser angestoßenen Infrastrukturprojektes wurde aber verzichtet, da viele der neuen Wege durch die hohe Stau-nässe einen zu hohen Unterhaltungsaufwand besaßen (Rheinen et al. 1926; Kantz et al. 1929). Bis zum Zweiten Weltkrieg änderte sich an dieser Entwicklung nur wenig und die Fichte nahm immer größere Bereiche des Hochwaldes ein (Offergelt 1939).

Ein bemerkenswerter Eingriff spielte sich am Vorabend des Krieges ab: Um die heutige Autobahn A 1 mit dem Rhein-Main-Gebiet zu verbinden, war eine Trasse durch Hoch- und Soonwald geplant. Der Bau begann 1939, wurde ein Jahr später aber eingestellt (Anonymus 1939; 1940; Abb. 1).



Abbildung 1: Autobahntrasse auf der Offenfläche östlich des Einsiedler Hofes

IM ÜBERBLICK

- > Die landschaftliche Entwicklung des Hochwaldes
- > Der Hochwald als Kulturlandschaft
- > Sichtbarkeit anthropogener Einflussnahmen
- > Naturschutzfachlicher und landeskultureller Wert früherer Eingriffe

Im Zweiten Weltkrieg wurden waldbauliche Tätigkeiten noch bis 1943 fortgeführt. Die Holzernte nahm aber bereits mit Kriegsbeginn erheblich zu, die Nebennutzungen stiegen hingegen kaum an (von Graevenitz 1943).

Nach Ende des Krieges stieg gerade von Seiten großer Konzerne die Nachfrage nach Fichtenstammholz an – eine

dauerhafte Versorgung musste gewährleistet werden und der Rohstoffherzeugung wurden alle Tätigkeiten im Wald untergeordnet. Die Fichte wurde für die kommenden Jahrzehnte zur fast alleinig geförderten Baumart (Ude 1956; LF 1974; Anonymus 1983). Sie wurde sogar auf zwischenzeitlich aus der Bewirtschaftung genommenen, besonders feuchten Brüchern und Rosselhalden eingebracht (Ude 1956). Die Entwässerungen der Bruchgebiete mittels Gräben wurden weiter intensiviert, was durch die Fassung von Quellen zur Trinkwassergewinnung unterstützt wurde (Ude 1956). Auch die Erschließung des Hochwaldes nahm immer weiter zu (u. a. Wirz & von Schütz 1952).

Erst im Laufe der 1980er- und 1990er-Jahre setzte eine Abkehr von dieser jahrzehntelangen Bewirtschaftungsweise ein. Erhebliche Sturmschäden sorgten dafür, dass die Waldbewirtschaftung innerhalb weniger Jahre weitgehend zum Aufbau standortgerechter, stabiler und ökologisch wertvoller Bestände abgeändert wurde (MLWF 1990; Schneider 1990). Bereits vor Gründung des Nationalparks zeigte sich die Entwicklung hin zu art- und altersklassen-diverseren, naturnäheren Wäldern (Anonymus 2011).

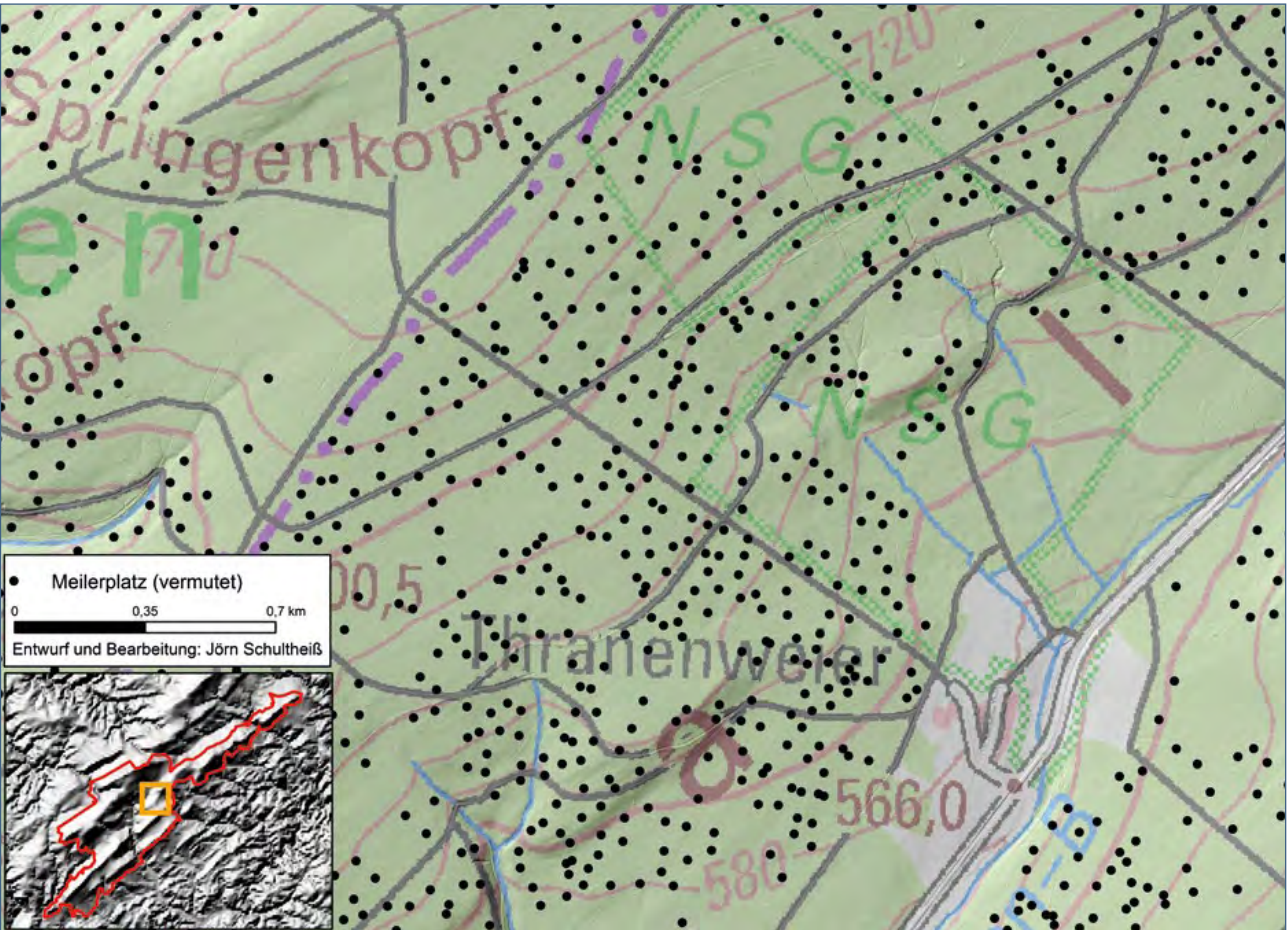


Abbildung 2: Mittels LIDAR-Scan detektierte Meilerplätze zwischen Thranenweiher und dem Sandkopf. Der sechs Quadratkilometer Fläche umfassende Ausschnitt zeigt 196 solcher Strukturen (Datengrundlage: LIDAR-Scan, Kartengrundlage: ©GeoBasis-DE / LVermGeoRP 2018, dl-de/by-2-0, www.lvermgeo.rlp.de [Daten bearbeitet])



Abbildung 3: Von drei älteren Buchen eingerahmter Meilerplatz in der Nähe des Hohltriefbachs

Der Hochwald als Kulturlandschaft

Die vielfältigen Aktivitäten des Menschen führten zur Entstehung einer tiefgreifend veränderten Kulturlandschaft. Die Landschaftsentwicklung wurde dabei hauptsächlich von der Bevölkerung, der Wirtschaft, administrativen Eingriffen und unerwarteten Ereignissen (bspw. Naturkatastrophen oder Kriege) angetrieben. Thematisch sind diese Faktoren nicht voneinander zu trennen.

Zu den in den letzten dreihundert Jahren flächigsten Eingriffen zählen die durch den Menschen maßgeblich beeinflusste Vegetation, das oft veränderte Wegenetz, zur Entwässerung und Abgrenzung dienende Gräben sowie die zur Erzeugung von Holzkohle notwendigen Meilerplätze. So finden sich mehrere hundert Kilometer Wege (häufig mit Wegseitengräben), mehr als 400 Kilometer Entwässerungsgräben, mehrere Dutzend Kilometer Hegegräben (die beispielsweise frühere Waldwiesen abgrenzten) und um die 6.000 Meilerplätze (die wenigsten davon sind älter als 300 Jahre) (mündl. Mitteilung Steinbring 2017; Abb. 2 & 3).

Sichtbarkeit anthropogener Einflussnahmen

Ein bedeutender Teil der menschlichen Eingriffe ist heute in der Landschaft nachzuvollziehen, entweder als morphologische Spuren oder anhand spezifischer Wuchsformen. Häufig trifft jedoch beides zu, da sich durch die Eingriffe in die Geländemorphologie die naturräumlichen Voraussetzungen dauerhaft veränderten. Hierzu zählen etwa die Waldwege. Sogar Wege, die bereits im Laufe des 18. Jahrhunderts aus der Nutzung gefallen waren, sind heute noch klar im Gelände durch einen Bewuchs zu erkennen, der sich vom umgebenden Wald deutlich abhebt. Das größte zusammenhängende Beispiel hierfür ist die alte Autobahntrasse, die sich bis nach Börfink und teilweise Abenteurer zieht. Dies gilt insbesondere für aufgefors-tete Waldwiesen. Diese lagen oft auf staunassen Inseln, was dazu führt, dass der Bewuchs sich noch heute von dem der Umgebung unterscheidet. Aber auch dort, wo keine oberflächlich erkennbaren morphologischen Veränderungen stattfanden, sind diese alten Nutzungsformen

noch zu erkennen. Ein Beispiel sind hier ehemalige Niederwaldbereiche. Sogar dort, wo bereits im Laufe des 19. Jahrhunderts die Niederwaldbewirtschaftung aufgegeben wurde, finden sich Relikte dieser Strukturen noch heute.

Naturschutzfachlicher und landeskultureller Wert früherer Eingriffe

Vielen der noch existierenden historischen Nutzungselemente kann aufgrund ihrer historischen Relevanz ein erheblicher landeskultureller Wert beigemessen werden, da sie Spiegel früher weitverbreiteter Landschaftsstrukturen sind. Sie stehen jedoch ebenfalls für Behandlungsweisen, die sich heute nicht mehr im Hochwald finden. Zugleich besitzen sie einen naturschutzfachlichen Wert, da sie Überreste von Lebensräumen darstellen, die im Verschwinden begriffen sind (Abb. 4). Hierzu zählen vor allem Elemente, die den Strukturreichtum des Hochwaldes fördern, wie permanent baumfreie (bspw. Waldwiesen), lichte oder besonders dynamische

Bereiche (bspw. Nieder- oder Mittelwälder; Suchomel & Konold 2008; Haupt 2012; Helfrich-Hau 2015).

Durch die Einrichtung des Nationalparks wird sich durch den weitgehenden Prozessschutz die landschaftliche Struktur des Hochwaldes grundsätzlich ändern. Viele der aus der Nutzung des Menschen resultierenden und als kulturell und naturschutzfachlich wertvoll anzusehenden Strukturen werden verschwinden oder stark abgeändert (Karste et al. 2003). Dies betrifft auch heute als gewöhnlich und nicht schützenswert erachtete Elemente, wodurch sie in Zukunft eine naturschutzfachliche und kulturelle Relevanz erhalten können. Zumindest innerhalb der Pflegezone sollte daher ihr gezielter Erhalt durch aktives Management in Betracht gezogen werden.

Obwohl der Mensch als aktiver Landschaftsgestalter im Hochwald in den Hintergrund tritt, wird durch die Persistenz der vergangenen Eingriffe in Zukunft keine unbeeinflusste Naturlandschaft entstehen. Die kulturlandschaftliche Prägung wird dauerhaft erhalten und viele der dort ablaufenden Naturprozesse werden durch den Menschen beeinflusst bleiben.

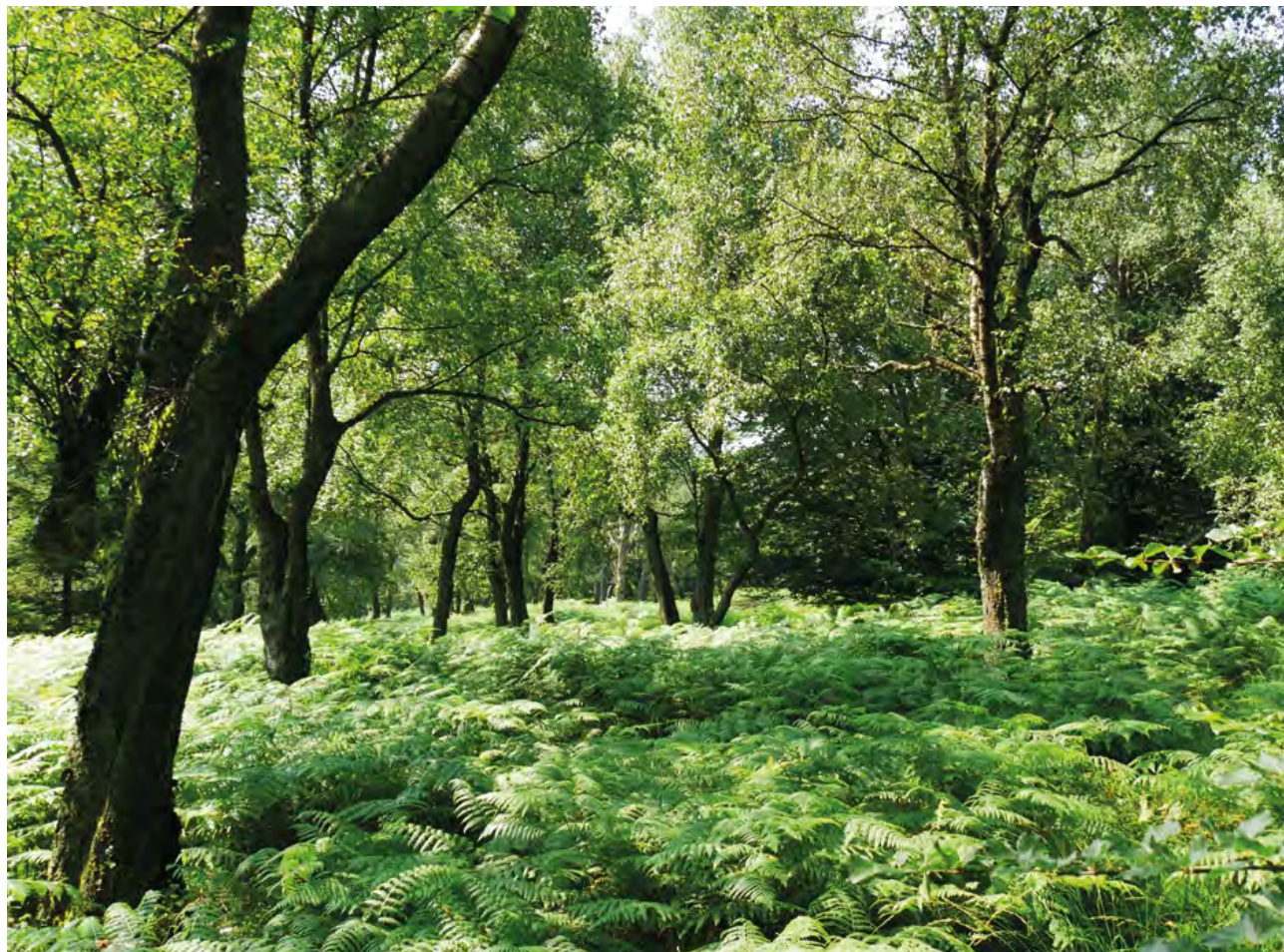


Abbildung 4: Das Naturschutzgebiet Langbruch – eine der am stärksten durch den Menschen veränderten Feuchtflächen im Hochwald

Quellen

- Anonymus (1816):** Schreiben der noch bestehenden Administration des Eaux et Forêts in Paris an die Österreichisch-Bayerische-Kommission zur Angabe angefertigter Wege, Schneisen und Entwässerungsgräben in den Wäldern des Arrondissements de Trèves et Birkenfeld. Paris. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 206.
- Anonymus (1929):** Teil 2 des Hauptmerkbuchs Dhronecken. Dhronecken. Bestand 537,032 Nr. 4.
- Anonymus (1939):** Reichsautobahnen – Stand 15.4.39. Plakat. In: Schmitt (o. J.).
- Anonymus (1940):** Eintrag eines Lehrers in die Börfinker Schulchronik vom 10. Januar 1940. In: Schmitt (o. J.).
- Anonymus (1983):** Nachweis der Betriebsergebnisse der Forstbetriebe von Körperschaften mit Gesamtübersicht des Forstamtes Kempfeld. Kempfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,021 Nr. 444.
- Anonymus (2011):** Bestands- und Wegenetzkarte des Nationalparks Hunsrück-Hochwald. o. O.
- Arndt & Helbron (1863):** Generelle Beschreibung der Königlichen Oberförsterei Tronecken. Trier. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,032 Nr. 172.
- Arndt, Schütz & Fristnagel (1859):** Genereller Kulturplan für die Königliche Oberförsterei Kempfeld auf die Jahre von 1859 bis 1868. Kempfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,021 Nr. 1.
- Arndt, Schütz & Fristnagel (1860):** Generelle Revierbeschreibung der Königlichen Oberförsterei Kempfeld. Kempfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand Nr. 537,021 Nr. 1.
- Baudrillart (1821):** Traité général des eaux et forêts, chasses et pêches. Imprimerie de Madame Huzard. Paris.
- Bauer, E. (1962):** Der Soonwald im Hunsrück. Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Bauer, E. (2011):** Unsere Wälder im historischen Kartenbild. 1. Neuauflage. K-Team. Seibersbach.
- Bergon (1810a):** Schreiben an den Directeur Général in Koblenz über die Anlegung von Schneisen in den Wäldern des Arrondissements de Trèves et Birkenfeld. Paris. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 206.
- Bergon (1810b):** Schreiben an das Finanzministerium bezüglich der Planungen zum Anlegen von Schneisen und Wegen in mehreren Forstrevieren von Birkenfeld. Paris. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 206.
- Braun, H.-J. (1991):** Das Eisenhüttenwesen des Hunsrücks, 15. bis Ende 18. Jahrhundert. In: Trierer historische Forschungen, Nr. 17.
- Christensen, N., L. (1989):** Landscape History and Ecological Change. In: Journal of Forest History, Jg. 33, Nr. 3, S. 116–125.
- Edelmann, B. (1922):** Wirtschaftliche und soziale Wandlungen auf dem hohen Hunsrück. Dissertation an der Universität Frankfurt.
- Gröber, J. (2019):** Eine römische Stadt bei Gutenthal? In: Jahrbuch des Hunsrückvereins, Jg. 2019, S. 34–47.
- Haesecke (1885a):** Wirtschafts-Karte von der königlichen Oberförsterei Kempfeld im Regierungsbezirk Trier. Berlin. Standort: Nationalparkamt Hunsrück-Hochwald, Birkenfeld.
- Haesecke (1885b):** Wirtschafts-Karte von der königlichen Oberförsterei Tronecken im Regierungsbezirk Trier. Berlin. Standort: Forsteinrichtungsamt Rheinland-Pfalz.
- Haupt, R. (2012):** Mittelwald – Nachhaltigkeit und Artenvielfalt. In: Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen, Jg. 49, Nr. 3, S. 91–99.
- Helfrich-Hau, T. (2015):** Multifunktionalität von Niederwäldern in Rheinland-Pfalz: Aspekte des Naturschutzes und des Tourismus. In: Culterra, Nr. 65.
- Hoch (1861):** Nachweisung der Flächen-Veränderungen in der Oberförsterei Tronecken seit der Ertragsermittlung und der dieselbe festsetzenden Verfügung vom 9ten November 1826. II 8516b als Anhang und zu Vergleichung mit der dem Arealzustand vom 1ten Oktober 1861. o. O. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,032 Nr. 172.
- Hopstätter, H. (1938):** Wo die Wälder rauschen. Ein Beitrag zur Hunsrücker Heimatkunde. Verlag Jakob Heinrich Walter. Kirchberg.
- Joachim, H.-E. (1997a):** Bronze- und Eisenzeit – 1. die Bronzezeit. In: Geschichtlicher Atlas der Rheinlande, Nr. II. 3.
- Joachim, H.-E. (1997b):** Bronze- und Eisenzeit – 2. die Hallstadt- und Frühlatènezeit. In: Geschichtlicher Atlas der Rheinlande, Nr. II. 3.
- Joachim, H.-E. (1997c):** Bronze- und Eisenzeit – 3. die Mittel- und Spätlatènezeit. In: Geschichtlicher Atlas der Rheinlande, Nr. II. 3.
- KAC (Kreuznacher Administrations Commission) (1814):** Schreiben über die Übernahme der forstlichen Verwaltung durch die Kommission. Bad Kreuznach. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 371 Nr. 511.

Kaiser, O. (1902): Die wirtschaftliche Eintheilung der Forsten mit besonderer Berücksichtigung des Gebirges in Verbindung mit der Wegenetzlegung. Springer Verlag. Berlin.

Kantz, Wegener & Müller (1929): Einleitungsverhandlung zur Aufstellung eines neuen Betriebswerkes für die Oberförsterei Dhronen. Dhronen. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,032 Nr. 2.

Karl & Phillip (1586): Forstordnung über die hintere Grafschaft Sponheim. o. O. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 33 Nr. 7723a.

Karste, G.; Schubert, R. und Wegener, U. (2003): Die Wiederbesiedlung vegetationsfreier Flächen im Brockengebiet im Nationalpark Harz. In: Hercynia N. F. Nr. 36, S. 217–233.

Kling, J. P. (1790): Vorschriftsmäßige Behandlung der Domainen-Waldungen in der Churpfalz. Hof- und akademische Druckerei. Mannheim.

Konold, W. & Petit, C. (2013): Zur Bau- und Arbeitsgeschichte der Weinbergskultur. In: Natur- und Kulturerbe des Weinbaus aktivieren und vermitteln, S. 11–20.

LF (Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz) (1974): Forsteinrichtungs-Anweisung für den Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (FA 72). Mainz.

Ludwig, F. (1720): Waldt- Forst- Jagdt- Waydt- Wecks- und Fischerey- Ordnung des Ertz-Stiffts und Churfürstenthums Trier. Trier.

Massa & Suzanne, A. F. (1811): Remise en vente des Coupes de bois impériaux ordinaire en 1811. Plakat zur Versteigerung kaiserlicher Waldungen. Birkenfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 393.

Massa & Suzanne, A. F. (1813): Remise en vente des Coupes de bois impériaux ordinaire en 1813. Plakat zur Versteigerung kaiserlicher Waldungen. Birkenfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 337.

Merling, G.; Massa & Stohman (1809): Protokoll über ein Treffen am 18.10.1809 in Hattgenstein, um Gebiete zu begehen, die neue Entwässerungsgräben erhalten sollten. Hattgenstein. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 206.

Merling, G; Grumswald & Anter (1810a): Protokoll über ein Treffen am 5.12.1810, bei welchem angelegte Schneisen und Wege im Forstrevier Brücken überprüft wurden. Birkenfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 206.

Merling, G.; Hamm & Wadang (1810b): Protokoll über ein Treffen am 1.12.1810, bei welchem angelegte Schneisen und Wege im Wald überprüft wurden. Birkenfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 302,001 Nr. 206.

Meyer (1883): Einrichtungs-Beschreibung zu den Taxations-Revisionsarbeiten der Oberförsterei Kempfeld des Forstmeister-Bezirktes Trier-Morbach. Kempfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,021 Nr. 4.

MLWF (Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz) (1990): Waldbauliche Erfahrungen und Anregungen; hier: Waldbauliche Konzeptionen zur Begründung stabiler Waldbestände nach der Sturmkatastrophe. Mainz.

Offergelt (1939): Lohnzettel der Gemeinde-Forstverwaltung Wirschweiler für das Rechnungsjahr 1939. Allenbach. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,021 Nr. 342.

Rheinen, C. (1926): Hiebs-Nachweisung für die Jahre 1. Oktober 1904 bis 1925. Kempfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,021 Nr. 109.

Ritter, A (2016): Entwicklung der Baumartenzusammensetzung im Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Masterarbeit an der Technischen Universität München.

Schmitt, R. o. J.: Notizen aus Akten des Landeshauptarchivs Koblenz zur Ausarbeitung eines Manuskripts für ein Buch über den in den 1930er-Jahren begonnenen Bau einer Autobahn zwischen Hermeskeil und Bingen-Sponheim. Nach dem Tod des Autors zur Verfügung gestellt von Willi Zimmermann, Züsch.

Schmitt, R. (1961): Geschichte der Rheinböllerhütte. In: Schriften zur Rheinisch-Westfälischen Wirtschaftsgeschichte, Nr. 6. Nachdruck aus dem Jahr 2014.

Schneider, E. (1990): Die 1990er Sturmschäden in den Wäldern von Rheinland-Pfalz (1). Nach einem Referat bei der Mitgliederversammlung des Verbandes der Pfälzischen Sägewerke in Neustadt a. d. W. Mainz.

Schultheiß, J.; Reiss, M.; Adler, K. & Jedicke, E. (2020): The Competence Center Cultural Landscape – networking and knowledge-transfer for a future-oriented landscape development. Tagungsbeitrag. 2nd International Scientific Symposium „Sustainable development –State and Prospects“. Lemberg-Slawske. S. 131–133.

Schultheiß, J. & Senkiv, M. (2020): Digital cultural landscapes – new opportunities and values for Ukrainian landscape development. Eingereichter Tagungsbeitrag. 6th International Congress „Environment Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management“. Lemberg.

Suchomel, C. & Konold. W. (2008): Niederwald als Energiequelle – Chancen und Grenzen aus Sicht des Naturschutzes. In: Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau, Nr. 98, S. 61.

SV-NLPHH (Staatsvertrag Nationalpark Hunsrück-Hochwald) (2015): Staatsvertrag zwischen dem Land Rheinland-Pfalz und dem Saarland über die Errichtung und Unterhaltung des Nationalparks Hunsrück-Hochwald. Mainz & Saarbrücken.

Ude (1956): Betriebswerk Staatswald Kempfeld – 1.10.1956, Teil 2 Band 1. Kempfeld. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,021 Nr. 146.

von Graevenitz (1943): Betrifft: Leistungssteigerung der in der Waldwirtschaft eingesetzten Kriegsgefangenen. Berlin. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,21 Nr. 45.

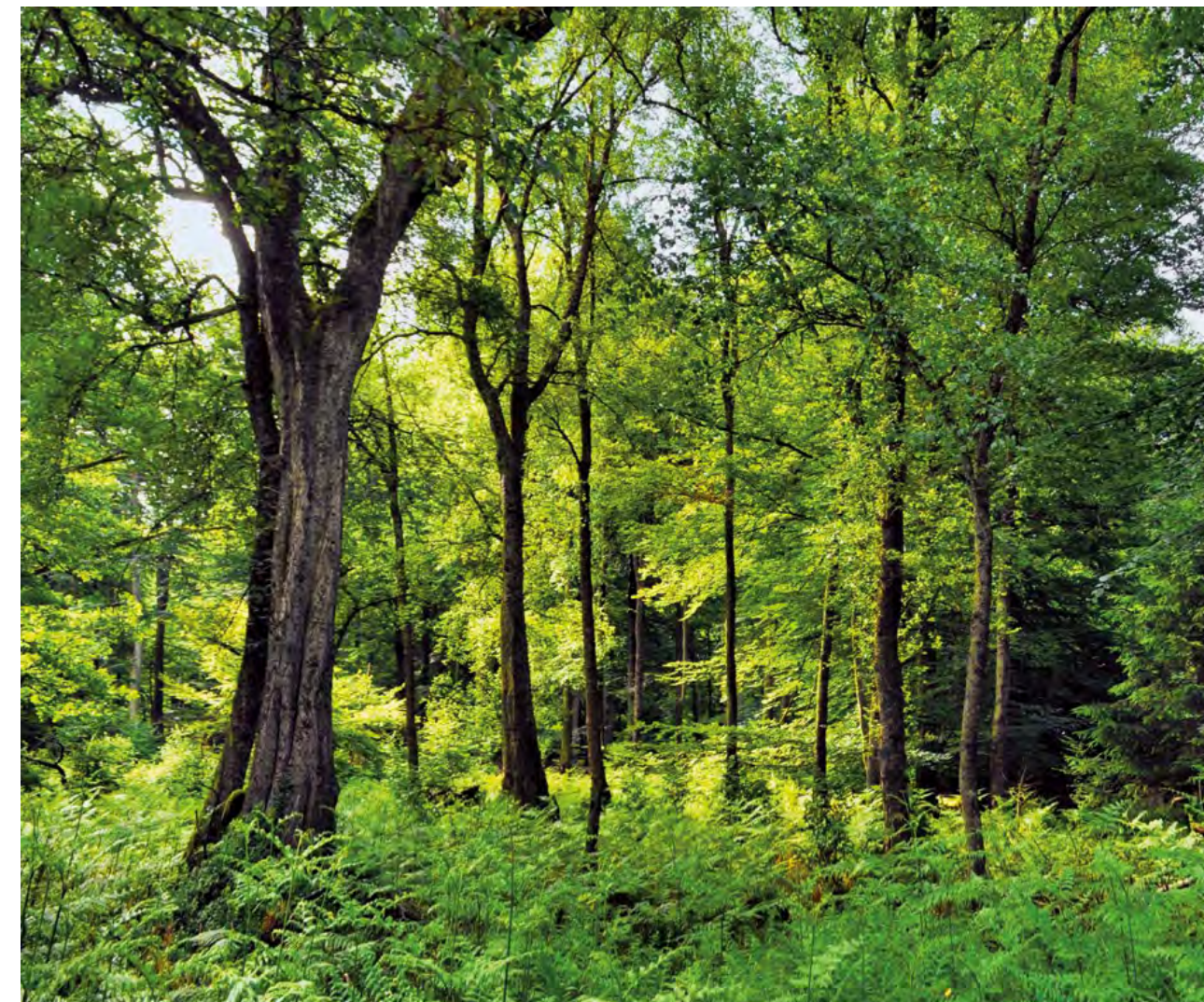
Wegener (1914): Schreiben des Regierungspräsidenten an die Landräte des Bezirks Trier, in dem er erlaubt, dass von Truppendurchmärschen betroffene Gemeinden an ihre Bürger Streu aus Gemeindewaldungen abgeben sollen. Trier. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,021 Nr. 471.

Wenceslaus, C. (1786): Churfürstlich-Trierische verbesserte neue Wald- und Forst- Ordnung vom 31ten des Heumonates. Koblenz, J.B- Krabben Kurfürstliche Hofdruckerei.

Werner, C. P. (1759a): Beschreibung der Herrschaftlichen Waldungen im Birkenfeld und Abentheurer Forst, in der Hintere Grafschaft Sponheim. o. O.

Werner, C. P. (1759b): Beschreibung derer Herrschaftlichen Waldungen im Allenbacher und Leiseler Forst, in der hinteren Grafschaft Sponheim. o. O.

Wirz & von Schütz (1952): Forstbetriebskarte Staatswald Forstamt Hermeskeil-Ost. Koblenz. Im Eigentum des Forsteinrichtungsamtes Rheinland-Pfalz, in Verwahrung im Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 702 Nr. 6601 Blatt 524.



MEHR ALS 35 JAHRE FORSTLICHES UMWELTMONITORING

*... an Dauerbeobachtungsflächen im heutigen
Nationalpark Hunsrück-Hochwald:
Langfristige Entwicklung des Stoffhaushalts
der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein*

Menschliche Eingriffe durch Nutzung, Luftverunreinigungen und Witterungsextreme beeinflussen unsere Waldökosysteme. Das forstliche Umweltmonitoring zielt darauf ab, diese Einflüsse zu überwachen und die durch sie hervorgerufenen Veränderungen zu erfassen. Dies geschieht mittels Dauerbeobachtungsflächen und Übersichtserhebungen, deren Ergebnisse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse für die Politikberatung und zur Ableitung von Maßnahmen für die Waldbewirtschaftung genutzt werden. Am Beispiel der im Nationalpark liegenden Umweltkontrollstation Idar-Oberstein werden die Entwicklung und die Auswirkungen der Schwefel- und Stickstoffeinträge betrachtet. Biodiversitätsverluste, eine unausgewogene Pflanzenernährung, Schädigung zentraler Bodenfunktionen und Belastung von Gewässern sind nur einige der heute messbaren Folgen der Luftschadstoffeinträge. Während die Schwefelemissionen durch Luftreinhaltemaßnahmen zügig reduziert werden konnten, haben die Stickstoffeinträge im Beobachtungszeitraum kaum abgenommen. Allerdings wurden zu Zeiten hoher Schwefeleinträge große Vorräte im Boden aufgespeichert, die heute noch das Waldökosystem belasten. Diese langfristige Wirkung der Schwefelaltlasten macht deutlich, wie wichtig eine zügige Reduktion der Stickstoffemissionen ist. Denn auch durch die starke Anreicherung von Stickstoff baut sich ein hohes Belastungspotential auf, das bei Erreichen einer Stickstoffsättigung aktiviert wird. Andere Wälder in Rheinland-Pfalz haben diesen Punkt bereits erreicht.

Konzept des forstlichen Umweltmonitorings

Die Waldökosysteme in Mitteleuropa werden seit Jahrhunderten durch menschliche Eingriffe wie Holznutzung, Kohlebrennen, Streurechen, Rott- und Schifferwirtschaft geprägt (vgl. Ellenberg 1996: 38–52). Seit dem späten 19. Jahrhundert gewann zudem im Zuge der Industrialisierung der Eintrag von Luftverunreinigungen in den Waldboden an Bedeutung. In den letzten Jahrzehnten nehmen die Auswirkungen der durch den Klimawandel hervorgerufenen Witterungsextreme zu. Um den Zustand und die Veränderungen der Waldökosysteme zu erfassen, ist eine dauerhafte Überwachung der anthropogenen Einflüsse auf deren Funktionsfähigkeit eine vordringliche Aufgabe (vgl. Block 1995: 1).

Der Grundstein für das forstliche Umweltmonitoring in Rheinland-Pfalz war das 1982 initiierte Sondermessprogramm Wald (vgl. Mühlhaus 1985: 656). Die im Nationalpark bis heute von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft untersuchten Fichtenbestände gehören mit

zu den 1983 angelegten Untersuchungsflächen und weisen damit die längsten Messreihen in Rheinland-Pfalz auf. Neben diesen intensiv untersuchten Flächen liefern Übersichtserhebungen Informationen über den landesweiten Umweltzustand. Bei der seit 1984 jährlich durchgeführten Waldzustandserhebung wird auf einem systematischen Raster der Vitalitätszustand der Bäume durch eine differenzierte Kronenansprache erfasst. Bei der Bodenzustandserhebung werden auf einer Unterstichprobe des gleichen Rasters in Abständen von 10 bis 15 Jahren Bodenproben gewonnen und morphologische, physikalische und chemische Kennwerte ermittelt.

Während mit den Daten der Übersichtserhebungen Schadensschwerpunkte lokalisiert und Aussagen über die landesweite Entwicklung der Waldökosysteme getroffen werden können, ermöglicht das intensive Messprogramm an den Dauerbeobachtungsflächen Rückschlüsse auf die Wirkung von anthropogenen und natürlichen Einflussfaktoren. Diese dienen der Klärung und dem grundlegenden Verständnis von Ursache-Wirkungsbeziehungen im Ökosystem Wald.

05



DIE AUTOREN

Dr. Martin Greve ist Referent im Forschungsbereich Waldmonitoring und Umweltvorsorge der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft.

Seine Forschungsschwerpunkte sind Stoffhaushalt von Waldökosystemen, Waldernährung und Bodenschutz.

Hans-Werner Schröck leitet den Forschungsbereich Waldmonitoring und Umweltvorsorge und ist stellvertretender Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft. Er beschäftigt sich mit Vitalitätsparametern von Waldbäumen und deren Ursache-Wirkungsbeziehungen mit Schwerpunkt Kronenzustand, Zuwachs und Phänologie.

Zu den Untersuchungen gehören u. a. jährliche Aufnahmen zur Bewertung der Baumvitalität (beispielsweise Kronenverlichtung und Zuwachs), regelmäßige Untersuchungen des Bodens und der Humusaufgabe, Analysen des in Richtung Untergrund sickern Bodenwassers und eine Bewertung der Ernährung der Waldbäume anhand von Nadel- und Blattproben. Wichtige Informationen liefern auch Untersuchungen zur Biodiversität der Bodenvegetation und Moosen sowie ausgewählten Artengruppen wie Mykorrhiza-Pilze, Regenwürmer und verschiedene Bodeninsekten. An meteorologischen Waldklima-Messstationen werden Temperatur, Niederschlag, Wind, Sonneneinstrahlung und Luftfeuchte erfasst. Zusätzlich messen die Wald-Luftmessstationen des Zentralen Immissions-Messnetzes (ZIMEN) kontinuierlich die Konzentrationen der wichtigsten Luftschadstoffe.

Die gewonnenen Erkenntnisse über die Dynamik in Waldökosystemen und die Reaktion dieser Systeme auf veränderte Umweltbedingungen fließen einerseits in die Politikberatung ein, beispielsweise für Empfehlungen zu Schadstoffreduktion und Klimaschutz. Andererseits ermöglichen sie die Ableitung von Maßnahmen für die Waldbewirtschaftenden, wie die Steuerung der Kompensationskalkulationsmaßnahmen oder Empfehlungen zur Holznutzungseinschränkung auf nährstoffarmen Standorten.

Ein Ziel der Waldökosystem-Dauerbeobachtung ist die Erfassung langfristiger Auswirkungen der Deposition von Luftverunreinigungen auf den Stabilitätszustand der Waldökosysteme. Im nachfolgenden Text wird auf die Entwicklung und die Auswirkungen der Schwefel- und Stickstoffeinträge an der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein eingegangen. Die verschiedenen chemischen Verbindungen beider Elemente waren bei Beginn der Messungen die dominierenden Luftverunreinigungen. Sie verändern das chemische Bodenmilieu über Versauerung und Eutrophierung und können durch Veränderungen im Nährelementangebot und Schädigung der Baumwurzeln den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bäume beeinträchtigen.

Zeigen die in der Vergangenheit ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen Wirkung? Und welche Folgen sind heute noch zu beobachten?

Stoffhaushalt an der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein

Die nachfolgenden Auswertungen stammen von der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein, die im Jahre 1983 eingerichtet und in Betrieb genommen wurde. Sie zählt zu den am intensivsten und längsten untersuchten forstlichen Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz. In direkter Nähe befindet sich die in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt betriebene ZIMEN-Station Hunsrück-Leisel auf einer Freifläche, an der die Luftqualität fortlaufend überwacht und die langfristige Entwicklung der Luftschadstoffe aufgezeichnet wird.

Der Fichtenbestand stammt aus einer Pflanzung im Jahr 1877 und war bis Ende des Jahres 2017 im Bereich der Versuchsanlage weitgehend geschlossen. Seit dem Trockensommer 2018 sind ein Großteil der Fichten durch starken Buchdruckerbefall abgestorben, sodass sich die Verhältnisse an dem Standort in einem Wandel befinden. Die Fläche liegt im Wuchsbezirk „Hoch- und Idarwald“ auf ca. 660 m über N. N. und weist eine mittlere Jahrestemperatur von 6,9 °C auf. Im Jahresverlauf fallen im Durchschnitt 1027 mm, 40 % davon in der Vegetationszeit. Aus dem Taunusquarzit mit Decklehm hat sich eine für die Region typische mittelgründige Braunerde mit sandigem Lehm als Bodenart entwickelt. Auf der Fläche bei der Bodenprobenahme gefundene Kohlereste weisen auf frühere Köhlerplätze hin.

Ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der Entwicklung und Auswirkungen von Luftverunreinigungen ist die Betrachtung der Ein- und Austräge sowie der Bilanzen

wesentlicher Bioelemente. Dies ermöglicht zudem eine Quantifizierung der Säurebelastung und deren Pufferung im Ökosystem (vgl. Ulrich 1994: 1). Zur Herleitung der Bilanz dienen die kontinuierlich erhobenen meteorologischen Daten, die Freiland- und Bestandesdeposition, die Stoffkonzentrationen im Sickerwasser an der Untergrenze der Humusaufgabe und in drei Tiefenbereichen im Mineralboden sowie die mittels Modellen hergeleitete Tiefensickerung und Mineralverwitterung. Eine detaillierte Methodenbeschreibung findet sich in Greve (2015: 23-37).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Depositionsmessungen zeigen eine deutliche Abnahme der jährlichen Schwefeleinträge von zu Beginn über 30 auf mittlerweile unter 5 kg/ha (Abb. 1). Zum einen zeigen die Daten, wie stark noch in den 1980er Jahren selbst siedlungsferne Wälder betroffen waren, zum anderen, wie wirksam die Emissionen durch Rauchgasentschwefelung, Altanlagenanierung und Einsatz schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe im Kraftfahrzeug- und Hausbrandbereich reduziert werden konnten.

Die Emissionen oxidierter Stickstoffverbindungen konnten insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraftwerken reduziert werden. Dies schlägt sich tendenziell auch in den Depositionsmessungen nieder. Die hauptsächlich aus der Landwirtschaft stammenden reduzierten Stickstoffverbindungen zeigen hingegen keine Abnahme seit Beginn der Messungen.

Die Austräge von Schwefel mit dem Sickerwasser übersteigen seit Beginn der Messungen um ein Vielfaches die Einträge (Abb. 2). Durch die schon vor Beginn der Messungen hohen Schwefeleinträge wurden im Boden große Schwefelvorräte gebunden, die bis heute allmählich abgebaut werden (vgl. Alewell 2001: 1275). Dieser Abbau trägt weiterhin zur Säurebelastung des Bodens bei (vgl. van Breemen et al. 1983: 291). Die Deposition wurde zwar wirksam verringert, Schwefel wird aber auch in den kommenden Jahrzehnten als Säurelast im Boden das Ökosystem weiter belasten. Eine gravierende Auswirkung ist die mit den Schwefelausträgen gekoppelte Verlagerung von Nährstoffen aus dem Boden, sodass dieser Standort selbst ohne Nutzung eine negative Magnesiumbilanz aufweist.

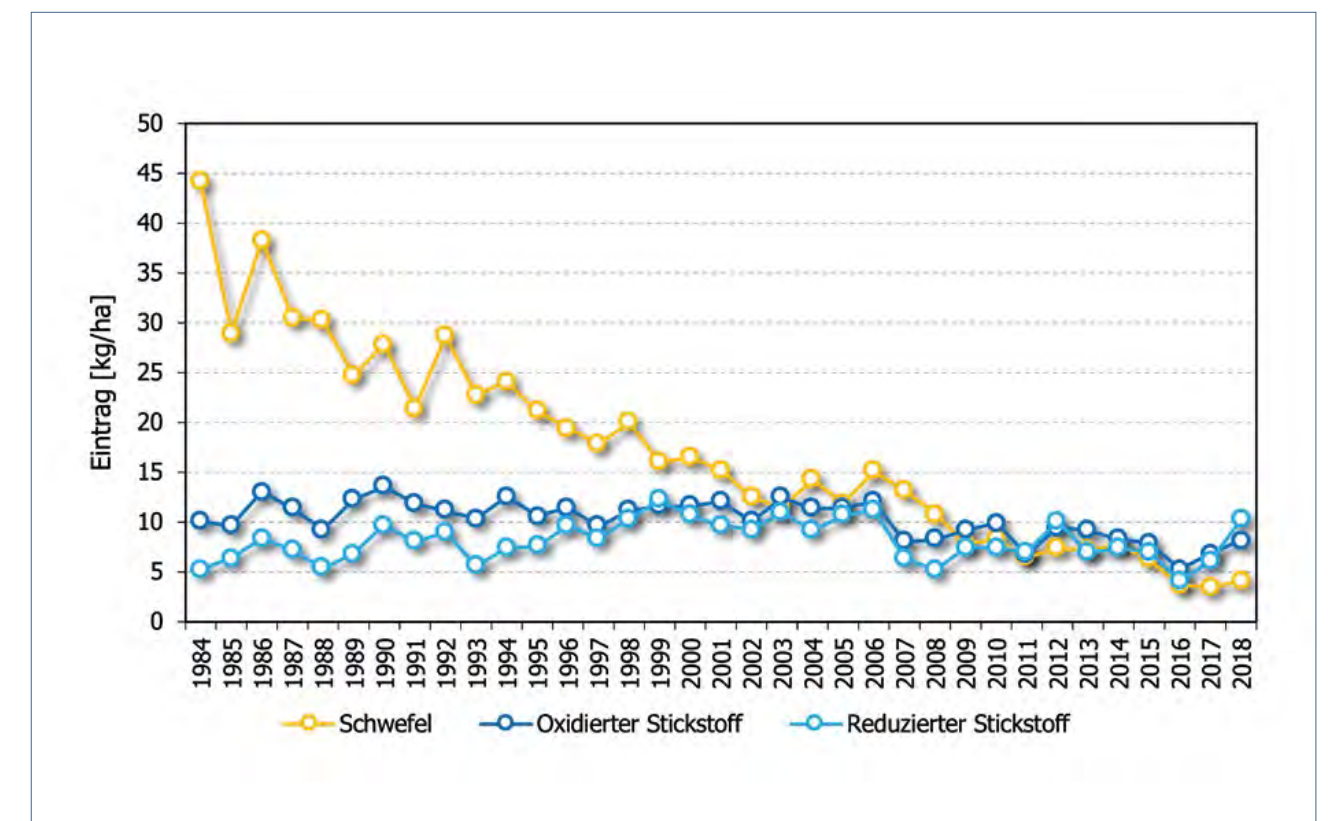


Abbildung 1: Atmosphärischer Eintrag der Schwefel- und Stickstoffverbindungen in das Waldökosystem der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein im Beobachtungszeitraum.

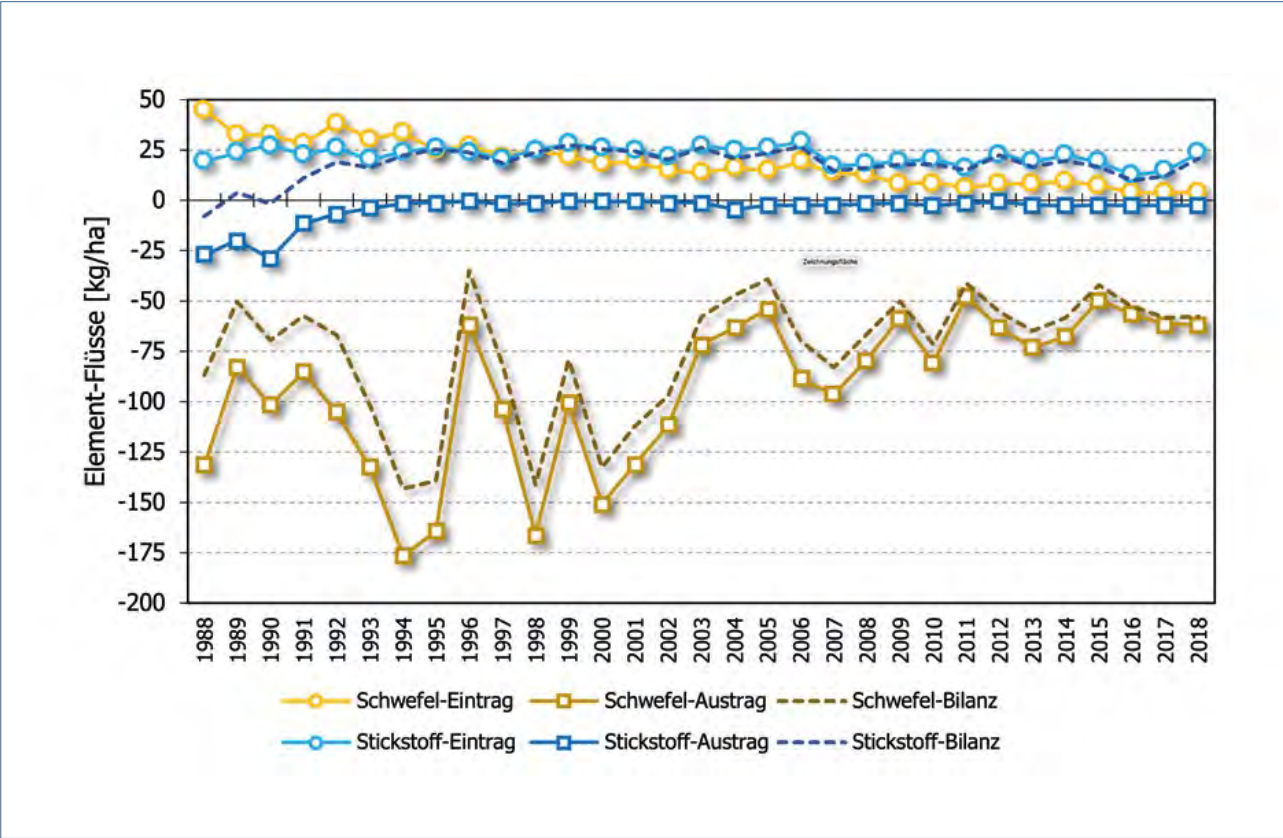


Abbildung 2: Jahressumme der Ein- und Austräge der gemessenen Schwefel- und Stickstoffverbindungen im Waldökosystem der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein seit Beginn der Sickerwasserbeprobung im Jahr 1988.

Die hohen Stickstoffeinträge werden zu einem großen Anteil im Ökosystem gespeichert (Abb. 2). Die Anreicherung dieses sich natürlicherweise in den meisten Waldökosystemen im Mangel befindenden Nährstoffes kann zu Artverschiebungen in der ganzen Biozönose (vgl. Ellenberg 1996: 80–85) und zu einer unausgewogenen Ernährung der Vegetation führen, die dadurch anfälliger gegenüber Schädlingen wird (vgl. Flückiger et al. 2011: 4). Die critical loads für eutrophierenden Stickstoff werden auf der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein um das 2-3-Fache überschritten. Durch die Anreicherung von Stickstoff baut sich ein zusätzliches Versauerungspotential auf (vgl. Alewell et al. 2000: 857), das wirksam wird, sobald das Ökosystem keinen weiteren Stickstoff mehr binden kann und dieser mit dem Sickerwasser verlagert wird. Auf den Monitoringflächen im Nationalpark ist dies bisher nur in geringem Umfang festzustellen. Andere Flächen in Rheinland-Pfalz, die in der Vergangenheit noch größeren Einträgen ausgesetzt waren, zeigen hingegen Anzeichen für eine Stickstoffsättigung und steigende Auswaschung mit dem Sickerwasser (vgl. Block and Gauer 2012: 87–95).

Die Säurebelastung und die Pufferreaktionen lassen sich ebenfalls anhand der Elementbilanzen herleiten.

Die Schwefelaltlasten verursachen über den gesamten Messzeitraum den höchsten Anteil an der gesamten Säurebelastung (Abb. 3). Durch die noch stattfindende Aufspeicherung und dem nahezu ausgeglichenen Verhältnis zwischen reduzierten und oxidierten Verbindungen trägt Stickstoff bisher kaum zur Säurebelastung bei, was sich aber schlagartig ändern kann, sobald Stickstoff mit dem Sickerwasser ausgewaschen wird. Der geringe Beitrag der organischen Säuren zeigt, dass an diesem Standort noch keine starke Podsolierung abläuft. Der Rückgang in der Säurebelastung durch H^+ ist durch die verminderten Schwefelemmissionen bedingt, wodurch der pH-Wert des Niederschlagswassers im Messzeitraum durch eine geringere Belastung an schwefeliger Säure oder Schwefelsäure wieder über 5 gestiegen ist.

Die Säurebelastung wird durch verschiedene Prozesse im Ökosystem abgepuffert (vgl. van Breemen et al. 1983: 290–291) (Abb. 3). Die Pufferung durch Magnesium-, Kalium-, Calcium- und Natriumoxide, die durch Staubdeposition in das Ökosystem eingetragen werden oder im Mineralboden vorhanden sind, hat keine negativen Auswirkungen. Der Anteil dieser ökosystemverträglichen Pufferung an der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein

liegt bei etwa 30 %. Absolut gesehen nimmt diese Pufferung durch einen Rückgang der Staubdeposition im Beobachtungszeitraum leicht ab.

Mehr als zwei Drittel der Säurebelastung wird jedoch insbesondere durch Aluminium-, zu einem geringeren Anteil auch durch Mangan- oder Eisenoxide abgepuffert (Abb. 3). Durch diesen Vorgang werden die Tonminerale im Boden, an deren Aufbau die Aluminiumoxide zentral beteiligt sind, geschädigt und verlieren ihre Fähigkeit, Nährstoffe und Wasser zu speichern (vgl. Veerhoff und Brümmer 1989: 1206). Je länger dieser Vorgang anhält, desto stärker gehen diese zentralen Ökosystemfunktionen des Bodens verloren. Ergebnisse einer nahegelegenen Versuchsfläche zeigen, dass Teile der Tonminerale im Oberboden bereits unwiederbringlich zerstört sind.

Zusätzlich schädigt das freigesetzte Aluminium Pflanzenwurzeln und wirkt toxisch auf viele Mikroorganismen. Davon ist nicht nur der Waldboden betroffen, sondern auch angrenzende aquatische Ökosysteme, in die das Aluminium mit dem Sickerwasser verlagert wird. So zeigen mehrere Messstellen an Gewässern im Hunsrück weiterhin periodisch

IM ÜBERBLICK

- > Das Umweltmonitoring ermöglicht, die Auswirkungen anthropogener Einflüsse zu überwachen
- > Schwefelaltlasten im Boden belasten die Waldökosysteme
- > Überhöhte Stickstoffeinträge führen zu Eutrophierung und bauen ein Versauerungspotential auf
- > Zusätzliche Luftreinhaltemaßnahmen sind dringend erforderlich

erhöhte Aluminiumgehalte, die schädigend und toxisch auf Bachorganismen wirken (vgl. Westermann 2018: 25–31).

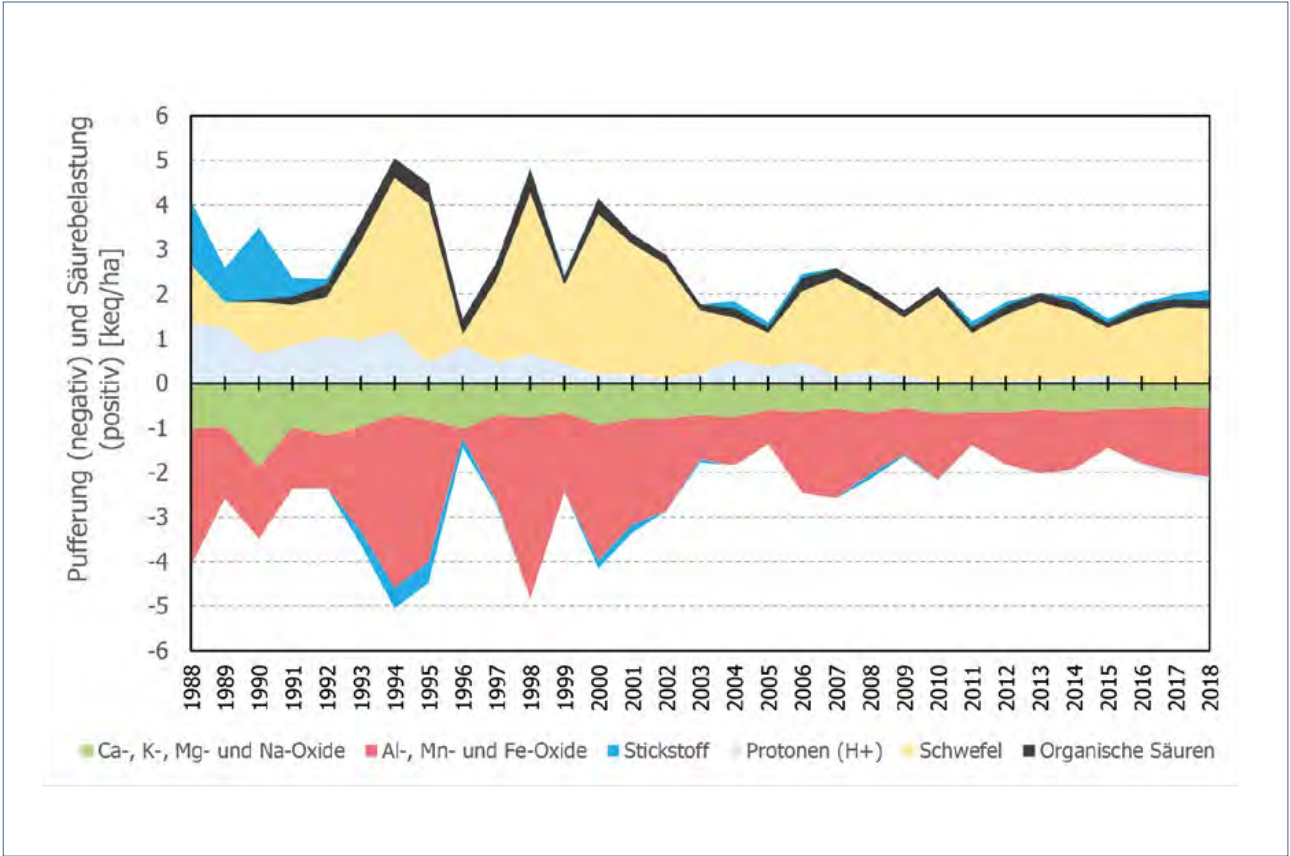


Abbildung 3: Gegenüberstellung der jährlichen Säurebelastung (positive Werte) und der diese kompensierenden Pufferreaktionen (negative Werte) im Waldökosystem der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein. Farblich differenziert sind die Beiträge der an den Reaktionen beteiligten Elemente und Verbindungen.

Ausblick

Die noch immer starke Belastung der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein durch Schwefelaltlasten zeigt, wie wichtig eine frühzeitige Reduktion der Einträge ist. Was bei Schwefel durch restriktive Luftreinhaltemaßnahmen in relativ kurzer Zeit umgesetzt wurde, geht bei Stickstoff nur schleppend voran. Die Projektionen des 2019 veröffentlichten Nationalen Luftreinhalteprogramms gehen davon aus, dass die reduzierten Stickstoffemissionen bis 2030 lediglich um 9 % vermindert werden können, wenn kein umfangreiches Maßnahmenpaket eingeführt wird (vgl. BMU 2019: 72). Die Belastung der Wälder – auch ohne direkte Nähe zu Industrie oder intensiver Landwirtschaft – durch überhöhte Stickstoffeinträge und Schwefelaltlasten wird somit voraussichtlich noch lange Bestand haben. Um wichtige Bodenfunktionen zu erhalten und die Ökosysteme zu stabilisieren, kann mittelfristig eine standortangepasste Bodenschutzkalkung helfen, die die anthropogen bedingte Säurebelastung kompensiert und das durch die Schwefelausträge ausgewaschene Magnesium zurückführt (vgl. Block et al. 2016: 124–128). Die einzige dauerhafte Lösung ist jedoch eine Reduktion insbesondere der aus der Landwirtschaft stammenden Stickstoffemissionen.

Der fast vollständige Verlust des Altbestandes innerhalb von zwei Jahren durch starken Buchdruckerbefall wird deutliche Veränderungen im Stoffhaushalt mit sich bringen. Das Umweltmonitoring an dieser Fläche wird fortgeführt. Im Einklang mit den Nationalparkzielen wird, im Gegensatz zu den anderen Intensivmessstationen, diese Fläche genutzt, um die Auswirkungen einer natürlich ablaufenden Sukzession auf das Waldökosystem langfristig zu untersuchen.

Die regelmäßig aktualisierten Messdaten sowohl der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein als auch der anderen landesweit betriebenen Dauerbeobachtungsflächen können unter der Rubrik „Forschung an Dauerbeobachtungsflächen“ auf der Internetseite der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft abgerufen werden: <https://fawf.wald-rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/dauerbeobachtungsflaechen/forschung-an-dauerbeobachtungsflaechen/> Ergänzend dazu liefert der jährlich erscheinende Waldzustandsbericht einen Überblick der aktuellen Situation der rheinland-pfälzischen Waldökosysteme: <https://fawf.wald-rlp.de/de/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht/>



Abbildung 5: Sickerwassergewinnung (Foto: Landesforsten.RLP.de / Markus Hoffmann)

Quellen

- Alewell, C., (2001):** Predicting reversibility of acidification: The European sulfur story. In: Water, Air, & Soil Pollution 130, 1271–1276. <https://doi.org/10.1023/A:1013989419580>
- Alewell, C., Manderscheid, B., Meesenburg, H., Bittersohl, J., (2000):** Is acidification still an ecological threat? In: Nature 407, 856–7; discussion 857–8. <https://doi.org/10.1038/35038158>
- Block, J., (1995):** Konzept der Waldökosystem-Dauerbeobachtung in Rheinland-Pfalz. In: Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 32, 1–11.
- Block, J., Dieler, J., Gauer, J., Greve, M., Moshhammer, R., Schuck, J., Schwappacher, V., Wunn, U., (2016):** Gewährleistung der Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung bei der Holz- und Biomassenutzung im Rheinland-Pfälzischen Wald, Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz 79. 230 S.
- Block, J., Gauer, J., (2012):** Waldbodenzustand in Rheinland-Pfalz, Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz 70. 232 S.
- BMU, Bundesamt für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, (2019):** Nationales Luftreinhalteprogramm der Bundesrepublik Deutschland.
- Ellenberg, H., (1996):** Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. UTB. 1095 S.
- Flückiger, W., Braun, S., Mainiero, R., Schütz, K., Thomas, V., (2011):** Auswirkung erhöhter Stickstoffbelastung auf die Stabilität des Waldes - Synthesebericht im Auftrag des BAFU. Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Schönenbuch. 88 S.
- Greve, M., (2015):** Langfristige Auswirkungen der Waldkalkung auf den Stoffhaushalt, Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz 73. 333 S.
- Mühlhaus, B., (1985):** Sondermeßprogramm Wald - Konzept, Kosten, Entwicklungstendenzen. In: Allgemeine Forst Zeitschrift 25/26, 656–658.
- Ulrich, B., (1994):** Nutrient and acid-base budget of central European forest ecosystems. In: Godbold, D.L., Hüttermann, A. (Hg.), Effects of Acid Rain on Forest Processes. Wiley-Liss, New York, 1–50.
- van Breemen, N., Mulder, J., Driscoll, C.T., (1983):** Acidification and alkalization of soils. In: Plant and Soil 75, 283–308. <https://doi.org/10.1007/BF02369968>
- Veerhoff, M., Brümmer, G., (1989):** Silicatverwitterung und Tonmineralumwandlung in Waldböden als Folge von Versauerungsprozessen. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 59, 1203–1207.
- Westermann, F., (2018):** Gewässerschutz und Luftschadstoffe. 30 Jahre Monitoring versauerter Waldbäche in Rheinland-Pfalz. Zwischenbilanz zur langfristigen Entwicklung der Gewässerversauerung im Hunsrück. Chemisch-physikalische und gewässerbiologische Trends. 114 S.



Abbildung 4: Bäume mit Zuwachsmessbändern sowie Streusammelbehälter auf der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein

RINDENWANZEN ALS NATURNÄHEZEIGER

... in den Wäldern des Nationalparks Hunsrück-Hochwald: Artenvielfalt und Populationsdichten der Rindenwanzen im Nationalpark weisen auf eine kontinuierliche, jahrhundertelange Alt- und Totholztradition hin

Warum Rindenwanzenforschung im Nationalpark?

Die größte Herausforderung unserer Zeit ist der weltweit dramatische Verlust von Biodiversität in Form von Lebensräumen, Arten und genetischer Vielfalt. Insbesondere hochspezialisierte Tier-, Pflanzen- oder Pilzarten, die unauffällig und klein sind, eine versteckte Lebensweise zeigen und aus menschlicher Sicht keinen offensichtlichen Schaden oder Nutzen haben, sind hierbei betroffen. Diese Arten verschwinden, noch bevor sie selbst, ihre Verbreitung oder ihre Ökologie überhaupt bekannt sind. Ein Paradebeispiel hierfür sind die Rindenwanzen, die als wenige Millimeter große Tiere versteckt an altem und totem Holz leben, durch ihren extrem flachen Körperbau und die braune Färbung hervorragend getarnt sind und sich von holzersetzenden Pilzen ernähren. Lebensräume, die eine Erforschung dieser waldbewohnenden Tiergruppe ermöglichen, sind in Mitteleuropa auf große Schutzgebiete wie den Nationalpark Hunsrück-Hochwald beschränkt.

Rindenwanzen geben Auskunft über Waldwildnis

Rindenwanzen (Aradidae) sind in Deutschland mit 25 Arten vertreten. Mit wenigen Ausnahmen ernähren Erwachsene und Larven sich von Fruchtkörpern und -myzelien holzersetzender Pilze. Die Verfügbarkeit qualitativ und quantitativ geeigneter Alt- und Totholzstrukturen spielt die entscheidende Rolle für die Anwesenheit und Abundanz von Aradiden. Rindenwanzen eignen sich daher in besonderem Maße als Indikatororganismen zur Bewertung und Dokumentation naturnaher oder natürlicher Waldzustände und Waldentwicklung.

Rindenwanzensuche ist Detektivarbeit

Für Rindenwanzenkartierer*innen sind Geländetauglichkeit, Erfahrung und Geduld notwendige Tugenden. Aradiden leben tagsüber meist verborgen unter der Rinde oder in Holzspalten und bewegen sich kaum (Abb. 1). Durch genaues Beobachten, das Abkehren von liegendem und stehendem Holz über einem untergehaltenen hellen Stofftuch oder einer Kunststoffschale und das Ablösen einzelner Rindenstücke werden die Tiere aufgespürt (Abb. 2). Ist ein Individuum gefunden, geht die Suche weiter, die kryptischen Tiere leben nämlich oft gesellig in unterschiedlichen Altersphasen zusammen. Auch können mehrere Arten vergesellschaftet vorkommen. Mit entsprechender Erfahrung ist die Bestimmung der Imagines und auch vieler Larven bei einigen Arten schon im Gelände möglich, manche jedoch sind im doppelten Sinne kryptisch und lassen sich nur mittels genetischer Analysen identifizieren.

Das Forschungsprojekt im Nationalpark Hunsrück-Hochwald

Um reproduzierbare und vergleichbare Daten zum Vorkommen und zur Einnischung von Rindenwanzen im Nationalpark Hunsrück-Hochwald zu erhalten, wurde im Oktober 2019 und im Mai 2020 je eine zehntägige, standardisierte Kartierung durchgeführt (in Anlehnung an Untersuchungen der Autoren in den mitteleuropäischen Nationalparks Eifel, Gesäuse, Harz, Kellerwald-Edersee und anderen Waldgebieten). Eine Vorauswahl von Dauermonitoringflächen wurde hierbei vom Nationalpark Hunsrück-Hochwald vorgegeben. Zu Vergleichszwecken wurden mit Naturschutzgebieten bzw. Altwaldstandorten



Abbildung 1 (links): Meister der Tarnung – wie viele Larven der Großen Rindenwanze *Aradus conspicuus* sitzen hier unter Rotbuchenrinde? Foto © C. Morkel, **Abbildung 2** (rechts): Rindenwanzensuche ist Detektivarbeit. Foto © A. Hilpold

(Rosselhalden, Nassbiotope) und Naturwaldreservaten weitere, vergleichsweise totholzreiche Standorte in die Untersuchung einbezogen. Insgesamt wurden 115 Probekreise mit einer Fläche von jeweils 500 m² untersucht.

Die Ergebnisse bestätigen den ökologischen Wert von Alt- und Totholz

Im Rahmen einer zeitstandardisierten Erfassung, die neben der Aufnahme von Rindenwanzen auch die Dokumentation zahlreicher habitatspezifischer Parameter umfasste, wurden insgesamt 882 Aradiden-Individuen, verteilt auf sieben Arten und 64 Probekreise, nachgewiesen (Tab. 1, Abb. 4). Während es sich bei *Aradus betulinus* und *A. erosus* um Nadelholzbewohner handelt, die im Schutzgebiet an Fichte gefunden wurden, besiedeln die übrigen Arten Laubholz. Für die artspezifische Einnischung spielen vor allem die Faktoren Alt- und Totholzstruktur, Holzdimension, Seehöhenlage, Licht- und Feuchteverhältnisse sowie Pilzfruchtkörper als essentielle Nahrungsquelle eine wichtige Rolle. Insgesamt wurden die Fruchtkörper von 13 holzersetzenden Pilzarten der Familien Diatrypaceae, Schizophyllaceae, Gloeophyllaceae, Fomitopsidaceae, Meruliaceae, Polyporaceae und Stereaceae von Rindenwanzen besaugt oder in deren unmittelbarer Nähe festgestellt.



DIE AUTOREN

Dipl.-Biol. Dr. Carsten Morkel ist als Geschäftsführer des Instituts für Angewandte Entomologie

in Beverungen (Deutschland) mit der Konzeption und Durchführung entomologischer Forschungsprojekte beschäftigt, ergänzt durch Kartierungen, Artenschutz- und Eingriffsverträglichkeitsprüfungen sowie Sachverständigengutachten. Einen Schwerpunkt seiner Arbeit bilden langfristig angelegte und internationale Forschungs- und Monitoringprojekte zur Ökologie von Wanzen.



Mag. Dr. Thomas Frieß ist als Projektleiter und Gutachter im ökologischen Planungsbüro Ökoteam – Institut für Tierökologie und Naturraumplanung in Graz (Österreich) tätig. Neben

gutachterlichen Arbeiten beschäftigt er sich in Naturschutzprojekten in erster Linie mit der Insektenfauna, sein wissenschaftliches Schwerpunktgebiet sind Wanzen.



Abbildung 3: Probefläche im Rotbuchenbestand mit zahlreichen Fruchtkörpern des Zunderschwamms *Fomes fomentarius* an stehendem Totholz. Hilscheid, Naturwaldreservat Gottlob, 12.5.2020. Foto © C. Morkel

Tabelle 1: Rindenwanzennachweise im Nationalpark Hunsrück-Hochwald (Stand 15. Mai 2020). Datengrundlage: Systematische Kartierung 2019/2020 und Günther (2008, nur *A. krueperi*).

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Individuen	Probekreise	Pilzarten	Habitatbaum
<i>Aneurus avenius</i> (Dufour, 1833)	Verkannte Plattwanze	8	2	2	Rotbuche, Birke
<i>Aneurus laevis</i> (Fabricius, 1775)	Alte Plattwanze	41	1	-	Rotbuche
<i>Aradus betulae</i> (Linnaeus, 1758)	Graubraune Rindenwanze	607	37	4	Rotbuche, Birke
<i>Aradus betulinus</i> (Fallén, 1807)	Schwärzliche Rindenwanze	202	23	4	Gemeine Fichte
<i>Aradus conspicuus</i> (Herrich-Schaeffer, 1835)	Große Rindenwanze	14	7	6	Rotbuche
<i>Aradus depressus</i> (Fabricius, 1794)	Gescheckte Rindenwanze	3	1	1	Rotbuche
<i>Aradus erosus</i> (Fallén, 1807)	Fransen-Rindenwanze	7	1	-	Gemeine Fichte
<i>Aradus krueperi</i> (Reuter, 1884)	Krüpers Rindenwanze	2	-	-	Birke
Summe	8	884	64	13	

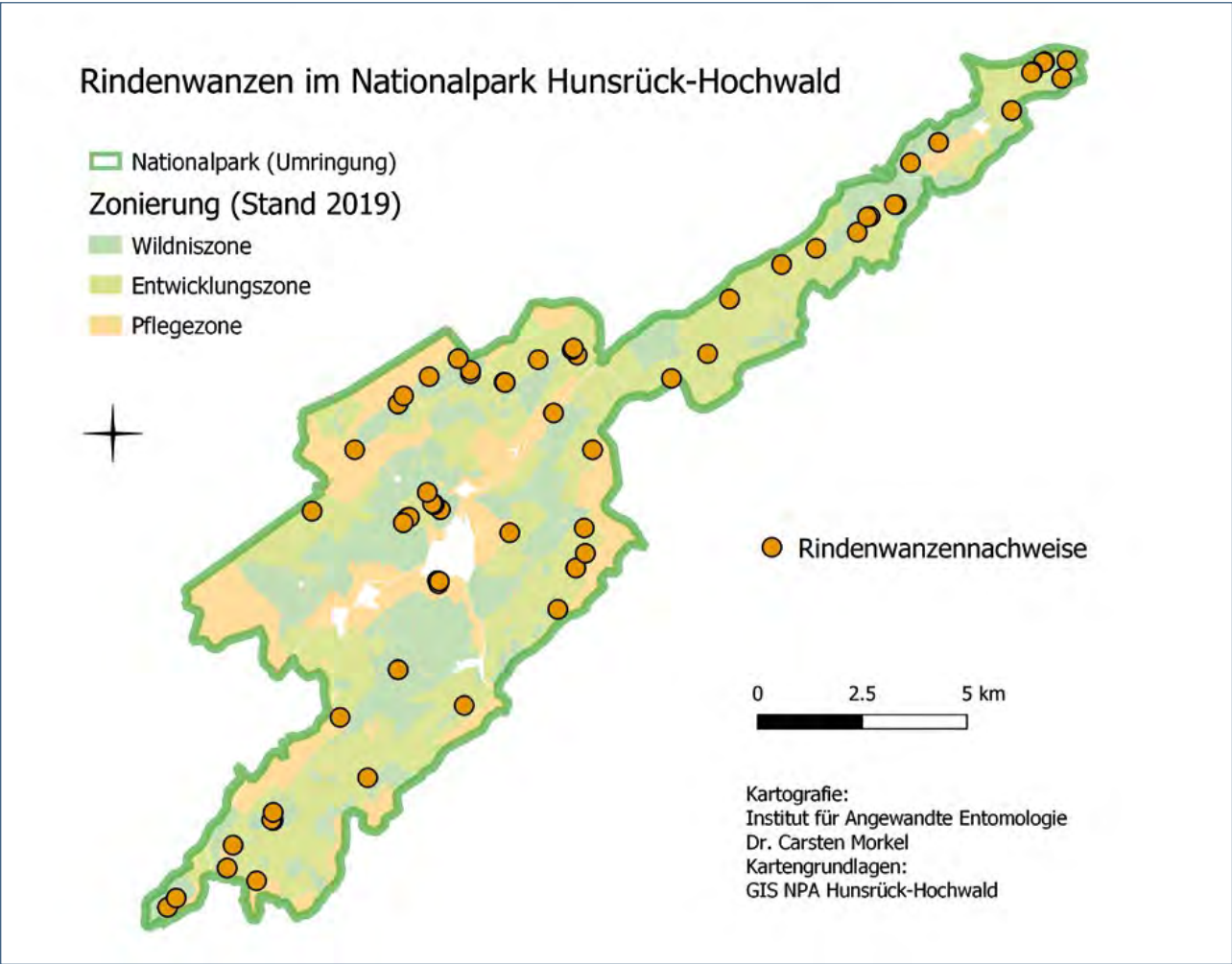


Abbildung 4: Vorkommen von Rindenwanzen im Nationalpark Hunsrück-Hochwald als Ergebnis der standardisierten Kartierung 2019/2020. Historische Nachweise sind nicht dargestellt.

Im Nationalpark Hunsrück-Hochwald fallen besonders die stetigen und mit hohen Abundanzen einhergehenden Nachweise der Graubraunen Rindenwanze *Aradus betulae* (Abb. 5, Abb. 6) auf. Die Art ist in Rotbuchenwäldern auf die Verfügbarkeit von stehendem, stark dimensioniertem und besonntem Totholz angewiesen (Abb. 7, vgl. auch Goßner et al. 2007, Morkel 2017, Morkel & Frieß 2018) und weist damit auf eine den räumlichen und zeitlichen Bedürfnissen der Art entsprechende Habitattradition im Schutzgebiet hin. Inwieweit Vorkommen und Abundanz von *Aradus betulae* als ein Ergebnis der forstlichen Nutzungsgeschichte des Hochwaldes (Schultheiß 2019) seit dem Erlass einer ersten Forstordnung im Jahr 1586 zu interpretieren sind, ist derzeit Gegenstand weiterer Datenauswertungen.

Waldwildnis in zehn und in hundert Jahren

Als geschützte Räume lassen Wald-Nationalparks einerseits weitgehend natürliche Entwicklungsprozesse zu, unterliegen aber andererseits äußeren Einflüssen wie Stoffeinträgen, Klimawandel und räumlicher Isolation. Angesichts der Tatsache, dass die drei wärmsten Sommer seit Beginn der Wetteraufzeichnungen in Deutschland in den Jahren 2003, 2018 und 2019 lagen und die

IM ÜBERBLICK

- > Rindenwanzen sind Indikatoren natürlicher Waldzustände
- > Rindenwanzenforschung liefert Impulse für ökologische Waldentwicklung auch in Wirtschaftswäldern
- > Rindenwanzenmonitoring im Nationalpark Hunsrück-Hochwald begleitet und belegt die Entwicklung zur Waldwildnis

aktuelle Trockenperiode anhält (Interministerial Working Group on Adaptation to Climate Change 2019), sind selbst Prognosen, wie der Wald in zehn Jahren aussieht, schwer zu treffen. Die genannten Faktoren werden zu gravierenden und messbaren Veränderungen sowohl in Waldschutzgebieten als auch im Wirtschaftswald führen. Augenscheinliche Folgen werden eine geänderte Baumartenzusammensetzung und die Verschiebung von Höhengradienten mit der Ausbreitung wärmeliebender und dem Rückgang kälteadaptierter Arten sein. Wird die



Abbildung 5: Die Graubraune Rindenwanze *Aradus betulae*, ♂, Körperlänge 7,2 mm, an Rotbuche. Nonnweiler, Kahlenberg, 13.5.2020. Foto © C. Morkel



Abbildung 6: Die Graubraune Rindenwanze *Aradus betulae*, ♀, Körperlänge 9,5 mm, ist auf Birkenrinde perfekt getarnt. Allenbach, Thranenbach, 11.5.2020. Foto © C. Morkel

als boreomontan geltende Fransen-Rindenwanze *Aradus erosus* in zehn oder hundert Jahren noch im Nationalpark Hunsrück-Hochwald vorkommen?

Sicher ist, dass von den beschriebenen Veränderungen Lebensräume, Arten und die genetische Vielfalt betroffen sein werden. Die alleinige Einrichtung von Schutzgebieten wird den eingangs beschriebenen Verlust von Biodiversität nicht aufhalten. Jedoch können die hier durch Forschung und Monitoring gewonnenen Erkenntnisse als

Handlungsgrundlage für eine zukünftige Gestaltung von Wirtschaftswäldern dienen, die ökologische und ökonomische Bedürfnisse gleichermaßen berücksichtigt. Das standardisierte Monitoring von Rindenwanzen als hochspezifische organismische Qualitätszeiger leistet einen Beitrag hierzu. Es bleibt zu wünschen, dass unsere Wälder mit den notwendigen Impulsen auch in hundert Jahren und darüber hinaus ihren Beitrag zum Erhalt der Biodiversität leisten können.

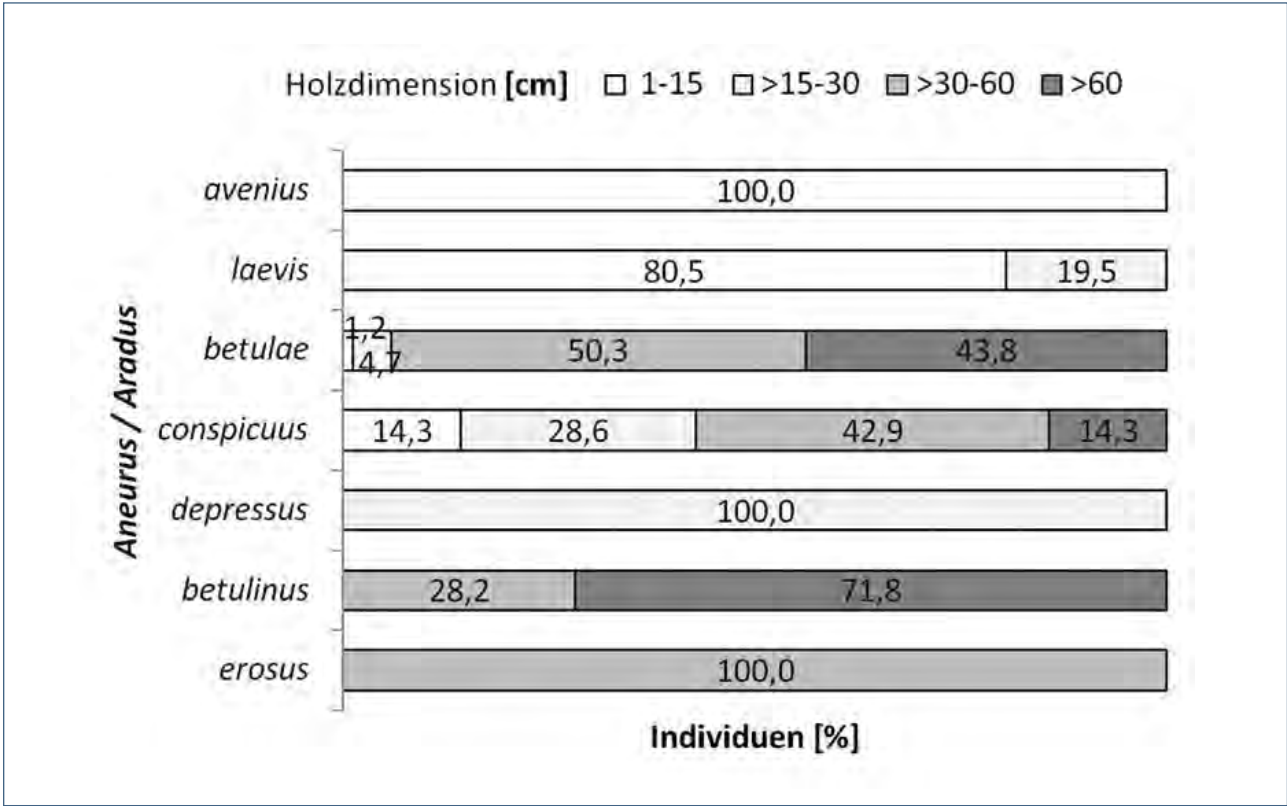


Abbildung 7: Ökologische Einnischung von Aradiden im Nationalpark Hunsrück-Hochwald am Beispiel der Holzdimension. Grafik © C. Morkel

Quellen

Goßner, M., Engel, H. & Blaschke, M. (2007): Factors determining the occurrence of Flat Bugs (Aradidae) in beech dominated forests. – Waldoekologie online 4: 59-89. Freising.

Günther, H. (2008): Zur Wanzenfauna (Insecta: Heteroptera) von Hessen und Rheinland-Pfalz. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv 46: 187-193. Mainz.

Interministerial Working Group on Adaptation to Climate Change (2019): 2019 Monitoring Report on the German Strategy for Adaptation to Climate Change. www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2019. Online im Internet (12. August 2020).

Morkel, C. (2017): Rindenwanzen (Heteroptera, Aradidae) in Hessen: Vorkommen, Ökologie und Gefährdung. – Philippia 17 (2): 87-134. Kassel.

Morkel, C. & Frieß, T. (2018): Rindenwanzen (Insecta: Heteroptera: Aradidae) als Indikatoren natürlicher Waldentwicklung im Nationalpark Gesäuse (Österreich, Steiermark). – Joannea 16: 93-137. Graz.

Schultheiß, J. (2019): Kulturlandschaft Nationalpark Hunsrück-Hochwald – Genese und Perspektiven. – Dissertation Albrecht-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, I-VI, 1-505.

SOUNDSCAPE ECOLOGY

Eine unverzichtbare Stimme des interdisziplinären Forschungsorchesters im Nationalpark Hunsrück-Hochwald

Soundscape ecology als Analyse des Klangbildes einer Landschaft ist Bestandteil der interdisziplinären Biodiversitätsforschung im Nationalpark. Der Soundscape ecology-Ansatz geht davon aus, dass anthropophone Klänge biophone und geophone Klänge überlagern und damit das ökologische Netzwerk und das „animal orchestra“ der Biodiversität stören und teilweise zerstören. Es gibt keinen Ort im Nationalpark, der frei von Lärmbelastung ist. Untersuchungsorte sind das Hangmoor Ochsenbruch, der keltische Ringwall Otzenhausen und die Jagdhütte bei Leisel. Neben dem Wegerückbau-, Reisig-Totholz- und Hirschbrunftprojekt bildet die Entwicklung eines Borkenkäfer-Frühwarnsystems den Kernpunkt der Forschungsarbeit des Hunsrück- Soundscape-Projektes am Umwelt-Campus Birkenfeld (UCB). Die Forschungsarbeit wird ergänzt durch die Entwicklung touristischer Bildungsangebote auf akustischer Basis.

Einleitung

Vorweg ein frustrierender Befund: Die Marketing- und Tourismusstrategie, das Wappentier im Logo des Nationalparks Hunsrück-Hochwald, die Wildkatze, in das Nationalpark-Logo akustisch integrieren zu können, muss enttäuscht werden: Wildkatzen möchten nicht gehört werden. Dem UCB-Forscherteam um Prof. Dr. Alfons Matheis, Peter Knebel und Lukas Dietrich ist es dennoch gelungen, im Rahmen des Totholz-/Reisig-Haufen-Projektes Wildkatzen akustisch nachzuweisen. Der akustische Befund wurde von ForschungskollegInnen, die die Besiedelung des Totholz-/Reisig-Haufens aus der Perspektive des fotofallenbasierten Wildtier-Monitorings systematisch beobachten, durch zeitgleiche Bildaufnahmen bestätigt.

Soundscape ecology - eine junge Wissenschaft

Die Kooperation unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen bildet den Kern der relativ jungen Wissenschaftsdisziplin Soundscape ecology (vgl. u. a. Pijanowski et al. 2011a; Farina 2014; Fiebig/Schulte-Fortkamp 2019). Zentrale Aufgaben sind vor allem die wechselseitige Ergänzung und Bestätigung einzelner Hypothesen und Befunde anderer wissenschaftlicher Einzeldisziplinen sowie die Formulierung und Überprüfung eigener Hypothesen auf der Basis empirischer Daten (vgl. Hellbrück/Guski 2018). Der systemische Ansatz der Soundscape ecology sieht

sich in der Tradition eines sowohl natur- und technikwissenschaftlichen wie auch kulturwissenschaftlichen Verständnisses, wie es etwa schon Alexander von Humboldt formulierte (Wulf 2018). Dieses Selbstverständnis verlangt sowohl eine Kooperation unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen wie auch die Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Laien („citizen science“) (Finke 2014) (exemplarisch dazu die nationalen und internationalen citizen science-Plattformen www.buergerschaffenwissen.de (23.07.2020); www.citizenscienceglobal.org (23.07.2020); www.citizenscience.org (23.07.2020)).

Die Ursprünge des Wissenschaftsansatzes reichen in die 1970er Jahre zurück. Murray Schafer, ein kanadischer Kommunikationswissenschaftler und Komponist, prägte den Begriff Soundscape. Mit der Publikation „The Tuning of the World“ (dt.: Schafer 2010; vgl. auch Schafer 1977) definiert er Soundscape als „die akustische Umwelt, eigentlich jeder Aspekt einer akustischen Umgebung, der als Untersuchungsgegenstand bestimmt wird (...)“ (Schafer 2010, 439). Die systemischen Wechselwirkungsprozesse zwischen akustischer Umwelt und natürlicher und soziokultureller Umwelt stehen im Fokus der wissenschaftlichen Arbeit des Soundscape ecology-Ansatzes.

In der Folgezeit greift u. a. der US-Amerikaner Bernhard Krause Schafers den Soundscape ecology-Ansatz auf und differenziert diesen. So kategorisiert er Geräusche und Klänge im Hinblick auf ihre Entstehung und Hervorbringung in geophon (Geräusche der natürlichen Umgebung wie z. B. Wind- und Wassergeräusche), biophon (Geräusche, die von nichtmenschlichen

Lebewesen erzeugt werden) und anthrophon (alle von Menschen erzeugte Geräusche – z. B. Sprache, Maschinengeräusche, Verkehrsgeschälle) (vgl. Krause 2012, 88).

Die jeweilige Zusammensetzung solcher Geräusch- und Klangquellen bilden ein charakteristisches „Soundscape“ einer Lokalität und einer Region. Ein Soundscape kann ähnlich wie ein Fingerabdruck wissenschaftlich systematisch erfasst und analysiert werden. Die Analyse lässt Rückschlüsse unter ökologischen Gesichtspunkten auf die lokale Situation hinsichtlich der Biodiversitätsrate zu. Soundscapes sind nicht statisch, sondern befinden sich in einem kontinuierlichen Veränderungsprozess. Die Dynamik wird gegenwärtig in der Regel von menschlichem Verhalten, der jeweiligen Landnutzung und anderen Zivilisationsfaktoren, z. B. Verkehrsgeschällen – in der Hunsrück-Region vor allem ziviler und militärischer Flugverkehr und Freizeit-Lärm – aber auch von Klimafaktoren geprägt (Winkler 1995). Langzeitbeobachtungen der akustischen Umwelt liefern wertvolle Erkenntnisse hinsichtlich der regionalspezifischen Veränderungen in Bezug auf Landnutzung, aber auch hinsichtlich der Folgen des Klimawandels.

Empirische Datengewinnung mittels Audio-Aufnahmen einer Geräusch- und Klangkulisse wird als „field recording“ bezeichnet (vgl. Virostek 2013, 30f.; Lane/Carlyle 2018). Field recording-Daten werden u. a. von Krause im Rahmen seines methodischen, informatikbasierten Ana-

lyse-Konzeptes anhand von Algorithmen analytisch ausgewertet und auch als Spektrogramme visualisiert (vgl. Krause 2012, auch www.insearchofsilence.net/bernie-krause-soundscape-ecology/).

Krause stellt die Hypothese auf, dass jedes lautgebende Lebewesen im Laufe der Evolution seine akustische Nische hinsichtlich Tonfrequenz, -intensität und Zeitdauer gefunden hat, d. h. die Laute der Tierwelt sind keineswegs als ein chaotisches Durcheinander, sondern als ein harmonisches Mit- und Nebeneinander (animal orchestra) zu verstehen. Jede Spezies hat eine eigene Zeit und Frequenz, um lautlich miteinander zu kommunizieren. Erst der Mensch wirkt – in der Regel störend und zerstörend – auf dieses akustisch-orchesterale Naturkonzert ein (vgl. Krause 2012, 92ff., 159).

Lincoln Meadows und scheinbar nachhaltige Forstwirtschaft

1988/89 untermauert Krause die Leistungsfähigkeit des Soundscape ecology-Ansatzes durch ein einfaches, aber aussagekräftiges Experiment. In Lincoln Meadows, einem Waldgebiet in Kalifornien, sollte nachhaltige Forstwirtschaft betrieben werden. Krause begleitete als Sound-Ökologe die forstwirtschaftlichen Eingriffe. Er erstellte Audio-Aufnahmen vor und nach dem Eingriff. Obwohl

die Wald-Szenerie optisch nahezu unverändert geblieben war, konnte er eine erhebliche Reduzierung der Vielfalt der Lebewesen (Biodiversität) akustisch nachweisen. In den dazu erstellten Spektrogrammen von 1988 und 1989 sieht man eine deutliche Veränderung im Sinne einer Verarmung (Krause 2012, 76ff; auch www.sound-design.info/2017/01/29/global-soundscape-declining/ (22.07.2020)).

Kernhypothesen des UCB-Soundscape ecology-Ansatzes

Auf der Basis und mit dem methodologischen Instrumentarium des Soundscape ecology-Ansatzes und unter Einbeziehung konkreter Forschungsprojekte in die Lehre am Hochschulstandort Umwelt-Campus Birkenfeld betreiben wir anwendungsorientierte Biodiversitätsforschung im Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Der Umwelt-Campus-Ansatz, der sich inzwischen in enger Zusammenarbeit mit dem Nationalparkamt in mehrere Teilprojekte ausdifferenziert hat (u. a. Wegerückbau, Reisig-Totholz, Hirschbrunnt), firmiert unter dem Projektnamen „Hunsrück Soundscape: Wie klingt der Hunsrück?“.

Hunsrück-Soundscape-Projekt

Unter anderem werden folgende Hypothesen im Rahmen des langfristig angelegten Soundscape ecology-Projektes wissenschaftlich überprüft:

1. Anthrophone Klänge überlagern biophone und geophone Klänge und haben insofern negative Auswirkungen auf die Biodiversität im Nationalpark. Die negativen Auswirkungen potenzieren sich im Zusammenwirken mit anderen Faktoren wie z. B. Klimawandelfolgen.
2. Es gibt keinen Ort im Nationalpark, der nicht von Verkehrslärm, Freizeitlärm oder Industrielärm belastet ist (Hempton/Grossmann 2010).
3. Durch das akustische Monitoring erfasste Veränderungen der biophonen und geophonen Klänge im Nationalpark unterstützen Hypothesen zu den lokalen und regionalen Auswirkungen des globalen Klimawandelgeschehens. Hier richtet sich ein Augenmerk auf Verhaltensänderungen bei Zugvögeln mit entsprechenden Folgewirkungen (u. a. vermutliches Aussterben des Kuckucks im Hunsrück). Die akustischen Monitoringdaten liefern auch eine empirische Grundlage zur Erstellung eines Noise Management-Konzeptes für den Nationalpark (vgl. Miller 2008, 77-92).



DIE AUTOREN

Prof. Dr. Alfons Matheis ist Professor für Kommunikation und Ethik an der Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld. Seine Arbeitsschwerpunkte sind

Wirtschaftsethik und Umweltethik sowie Unternehmenskommunikation und Medienkommunikation. Seit 2015 leitet er den interdisziplinären Arbeitsbereich Crossmedia. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Schwerpunkt Soundscape ecology/Akustische Ökologie entwickelt und ausgebaut (www.crossmedia.umwelt-campus.de).



Peter Knebel, Lehrkraft für besondere Aufgaben an der FH Trier, Standort Umwelt-Campus Birkenfeld und Rechtsanwalt, arbeitet und forscht seit 2017 zusammen mit Prof. Matheis im Bereich Soundscape ecology.



Lukas Dietrich, B.Sc., ist Studierender M.Sc. der Medieninformatik an der Hochschule Trier, Standort Umwelt-Campus Birkenfeld. Neben seinem Studium ist Lukas Dietrich als Mitarbeiter im Bereich Soundscape ecology/

Akustik im Bereich der Umwelt- und Medieninformatik tätig.

Wir lassen uns bei unserer Arbeit – wie erwähnt – von der Frage, „Wie klingt der Hunsrück?“, leiten. Die Erfassung einer regionalen Klangkulisse liefert Informationen bezüglich der aktuellen ökologischen und auch soziokulturellen Situation eines Lebensraumes sowie dessen Entwicklung.

Die Inventarisierung und das Monitoring der lautgebenden Fauna durch sogenannte Songmeter (www.wildlifeacoustics.com/) (11.08.2020) kann Aufschluss hinsichtlich der Biodiversität und damit einer der zentra-



Abbildung 1: Ausbringung eines Songmeters

len Kriterien für die ökologische Intaktheit oder Gefährdung einer Biosphäre geben.

Als Untersuchungsorte wurden aus methodischen Gründen ausgesucht:

- das Hangmoor Ochsenbruch bei Börfink als Kerngebiet des Nationalparks, welches sich in einem Prozess der Renaturierung befindet,
- der keltische Ringwall „Hunnenring“ bei Otzenhausen als touristisch-kultureller Hotspot und auch als ein Schnittpunkt sowohl pflanzlich-tierischer wie auch menschlicher Lebensräume,
- die Jagdhütte bei Leisel im Randgebiet des Nationalparks und damit eine Schnittstelle zwischen Naturwaldfläche und (dörflichem) Siedlungsgebiet.

In der Tradition des Humboldtschen Universitätsideals einer engen Verzahnung von Lehre und Forschung praktizieren wir eine frühzeitige Heranführung und Integration von Studierenden in die wissenschaftliche Forschungsarbeit. In einem dreisemestrigen Rhythmus werden an den drei Orten Audio-Aufnahmen vorgenommen. Wir

können damit Winter- und Sommeraufnahmen nach drei Jahren miteinander vergleichen. Entsprechend des Entwicklungskonzeptes des Nationalparks ist der Ansatz auf Langzeituntersuchung angelegt.

Neben dieser Langzeituntersuchung an den drei Untersuchungsorten arbeiten wir in enger Kooperation mit der Nationalparkverwaltung zudem an folgenden Teilprojekten:

Projekt Wegerückbau

Als Teil der Rückführung in einen naturnahen Zustand wird die Wegführung im Nationalpark verändert. An einigen markanten Stellen wird ein Vorher-Nachher-Audiomonitoring mit dem Ziel durchgeführt, die Frage zu beantworten, ob sich nach dem Rückbau eine merkliche Änderung im Soundscape des zu untersuchenden Gebietes einstellt und welche Rückschlüsse daraus zu ziehen sind.



Abbildung 2: Borkenkäferbefall an der Rinde



Abbildung 3: Borkenkäferholz im Brutschrank

Projekt Reisig-Totholz

Im Nationalpark Hunsrück-Hochwald befindet sich eine Reisig-Totholz-Ansammlung von ungewöhnlichen Ausmaßen. Hier wird ein Audiomonitoring im Hinblick auf eine faunistische Besiedelung durchgeführt.

Mittels Audio-Aufnahmen können lautgebende Säugetiere, Amphibien und Vögel, die in dem vorhandenen Reisig-Totholz einen Lebensraum finden, identifiziert und dokumentiert werden. Auf der Grundlage der empirischen Daten sind valide Aussagen zur Entwicklung der Biodiversität im Reisig-Totholz möglich.

Projekt Hirschbrunft

Seit 2018 wird ein Audiomonitoring im Nationalpark im Hinblick auf die akustische Erfassung der Hirschbrunft

durchgeführt. Das Ziel ist eine Aufarbeitung sowie Analyse der Daten hinsichtlich Spracherkennung bzw. Speziesidentifikation und auch für Sprechererkennung.

Borkenkäfer-Detektion als Frühwarnsystem

Bei der Entwicklung des Borkenkäfer-Detektionssystems als Frühwarnsystem handelt es sich um eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit dem Innovationslabor Digitalisierung (innodig.umwelt-campus.de) (11.08.2020).

Ziel war zunächst die Erfassung der Fraßgeräusche in einem einzelnen befallenen Baum (Becker 2011). Die Daten werden unter Verwendung eines Prototyps generiert, gesammelt und im Anschluss mittels Software auf Überschreitungen von Schwellenwerten überprüft. Sind entsprechende Schwellenwerte überschritten, wird dieses

durch ein Signal angezeigt. Das Signal liefert den Hinweis, a) dass in einer Region Trockenstress vorliegt, b) dass in einem spezifischen Baumbestandsareal ein erhöhtes Borkenkäferaufkommen sowie erste Abwehrreaktionen von Baumindividuen (Pheromone) zu registrieren sind und schließlich, c) welches Baumexemplar von Borkenkäfern befallen ist.

Entsprechend dem in der Abschlussarbeit von Spiecker (Spiecker 2019, 16ff.) dargestellten Modell zur Befallsausbreitung können zeitnah Gegenmaßnahmen ergriffen werden, eine Borkenkäferverbreitung eingedämmt und im Idealfall verhindert werden.

In einem ersten Testversuch wurde der Prototyp der Piezomikrofonierung an befallenem Totholz erfolgreich getestet (Fraßgeräusche wurden identifiziert).

Neben der Detektion mittels Audioerfassung wird die Borkenkäferdetektion in Zukunft mittels einer Anbindung an die von der Expertengruppe IoT des nationalen Digital-Gipfels (iot-werkstatt.de) (12.08.2020) entwickelten IoT-Plattform „Octopus“ durch Ergänzung weiterer Detektionssensorik optimiert (vgl. www.cosy.umwelt-campus.de/) (12.08.2020).

Soundscape ecology als Grundlage touristischer Bildungsangebote

Abschließend möchten wir die erwähnte Intention aus dem Bereich Nationalpark-Tourismus und -Marketing erneut aufgreifen. Leider ist es nicht möglich, die Arbeit der Marketing- und Tourismusexperten mit einem passenden akustischen Wildkatzen-Logo zu ergänzen. Allerdings können wir interessante adressatenspezifische Tourismus- und Bildungsangebote im Sinne von Soundwalks und Lauschtouren anbieten. Damit stehen wir in der Tradition der Gründungsväter und -mütter der Soundscape ecology Murray Schafer (vor allem: Schafer 1977 und 2002), Hildegard Westerkamp, Barry Truax (Truax 2013), Bernie Krause und Hans-Ulrich Werner (Werner 2006). Soundscape ecology und das UN-Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zielen darauf ab, eine jeweilige Mit- und Umwelt aufmerksam und bewusst wahrnehmen zu lernen und Gestaltungskompetenz zu entwickeln (vgl. Schafer 2010, 335ff.; www.bne-portal.de/de/nationaler-aktionsplan/die-bildungsbereiche-des-nationalen-aktionsplans/non-formales-und-informelles (22.07.2020); www.unesco.de/bildung/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung/bne-den-unesco-netzwerken (22.07.2020); www.unesco.de/bildung/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung (22.07.2020)).

Konzepte und Erfahrungen für Soundwalks und Lauschtouren liegen inzwischen in Form von studentischen Arbeiten vor (Sommer 2019). Sie können ein anspruchsvolles zeitgemäßes Tourismus- und auch Bildungskonzept des Nationalparks Hunsrück-Hochwald im Sinne des BNE-Ansatzes bereichern und abrunden.

Die Soundscape ecology-BegründerInnen sahen ihre wissenschaftlichen Tätigkeiten stets als integralen Bestandteil verbunden mit einer kreativ-künstlerischen Wahrnehmung und Gestaltung der Welt (vgl. auch Truax 2013; Flamm 2014, Maeder 2017). Als Best-Practice-Beispiel dieses Verständnisses von Wissenschaft und Kunst kann Leonardo da Vinci gelten. Da Vinci verstand es in seiner Person und seinem Schaffen als Maschinenbauer, als Maler, als systematischer Erforscher des Vogelfluges genauso wie der menschlichen Anatomie, die Perspektiven eines Ingenieurs, eines Künstlers und eines Wissenschaftlers zu vereinigen. Prof. Dr. Hanns Köhler, Maschinenbauer und Filmliebhaber und einer der Gründerväter des Umwelt-Campus Birkenfeld, empfahl vor Jahren einem jungen Kollegen Leonardo da Vinci als Vorbild und Verkörperung der Art von Wissenschaft, wie sie seiner Meinung nach am Umwelt-Campus praktiziert und gelehrt werden sollte.

IM ÜBERBLICK

- > Soundscape ecology als Analyse des Klangbildes einer Landschaft
- > integraler Bestandteil der Biodiversitätsforschung
- > anthrophone, biophone und geophone Klänge
- > animal orchestra
- > Hunsrück-Soundscape-Projekt
- > Borkenkäfer-Frühwarnsystem
- > Soundwalk und Audioguide als touristische Bildungsangebote

Quellen

- Becker, Thomas (2011):** Projekt Bioakustische Detektion von Getreidevorratsschädlingen. Online verfügbar unter www.d-nb.info/1062904257/34, zuletzt geprüft am 06.11.2019.
- Farina, Almo (2014):** Soundscape ecology. Principles, patterns, methods and applications. Dordrecht.
- Fiebig, Andre; Schulte-Fortkamp, Brigitte (2019):** Soundscape - Fortschritte in der Standardisierung auf internationaler Ebene. Die ISO 12913 legt den Grundstein für die fachübergreifende Zusammenarbeit im Bereich Soundscape. In: Akustik Journal 01, 36-43.
- Finke, Peter (2014):** Citizen Science. Das unterschätzte Wissen der Laien. München.
- Flamm, Christoph (Hg.) (2014):** Baum Mensch Klang Kunst. Ein wissenschaftlich-künstlerisches Ausstellungsprojekt an der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, 9. Mai - 1. Juni 2014. Universität Klagenfurt.
- Hellbrück, Jürgen; Guski, Rainer (2018):** Lauter Schall. Wie Lärm auf uns wirkt. Darmstadt.
- Hempton, Gordon; Grossmann, John (2010):** One square inch of silence. One man's quest to preserve quiet. Sydney.
- Krause, Bernard L. (2012):** Das große Orchester der Tiere. Vom Ursprung der Musik in der Natur. München.
- Lane, Cathy; Carlyle, Angus (2018):** In the field. The art of field recording. Unter Mitarbeit von Andrea Polli, Annea Lockwood, Antye Greie, Budhaditya Chattopadhyay, Christina Kubisch, Davide Tidoni et al. Reprinted with amendments. Axminster.
- Maeder, Marcus (2017):** Kunst, Wissenschaft, Natur. Zur Ästhetik und Epistemologie der künstlerisch-wissenschaftlichen Naturbeobachtung. Bielefeld: transcript Verlag (Edition Kulturwissenschaft, 119). Online verfügbar unter www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783839436929.
- Miller, Nicholas P. (2008):** US National Parks and management of park soundscapes. A review. In: Applied Acoustics 69 (2).
- Pijanowski, Bryan C.; Farina, Almo; Gage, Stuart H.; Dumyahn, Sarah L.; Krause, Bernie L. (2011a):** What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. In: Landscape Ecol 26 (9), 1213-1232.
- Pijanowski, Bryan C.; Villanueva-Rivera, Luis J.; Dumyahn, Sarah L.; Farina, Almo; Krause, Bernie L.; Napoletano, Brian M. et al. (2011b):** Soundscape ecology. The Science of Sound in the Landscape. In: BioScience 61 (3), 203-216.
- Schafer, Raymond Murray (1977):** The tuning of the world. New York.
- Schafer, Raymond Murray (2002):** Anstiftung zum Hören. Hundert Übungen zum Hören und Klänge machen. Hg. v. Justin Winkler. Aarau.
- Schafer, Raymond Murray (2010):** Die Ordnung der Klänge. Eine Kulturgeschichte des Hörens. Neu übersetzte, durchgesehene und ergänzte deutsche Ausgabe. Hg. v. Sabine Breitsameter. Mainz.
- Sommer, Yasmina (2019):** Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Waldpädagogik. Birkenfeld; (Master-Arbeit Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld).
- Spiecker, Constantin (2019):** Soundscape ecology. Borkenkäferidentifizierungsmethoden im Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Birkenfeld; (Bachelor-Arbeit Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld).
- Truax, Barry (2013):** Acoustic communication. 2. ed., [Nachdr.]. Westport, CT.
- Virostek, Paul (2013):** Field Recording. From research to wrap: an introduction to gathering sound effects. Toronto.
- Werner, Hans U. (2006):** Soundscape-Dialog. Landschaften und Methoden des Hörens. Göttingen.
- Winkler, Justin (1995):** Klanglandschaft wörtlich. Akustische Umwelt in transdisziplinärer Perspektive. Basel.
- Winkler, Justin (2006):** Klanglandschaften. Untersuchungen zur Konstitution der klanglichen Umwelt in der Wahrnehmungskultur ländlicher Orte in der Schweiz. Basel.
- Wulf, Andrea (2018):** Alexander von Humboldt und die Erfindung der Natur. München.