

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: Kahlfeld 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 Kahlfelder 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

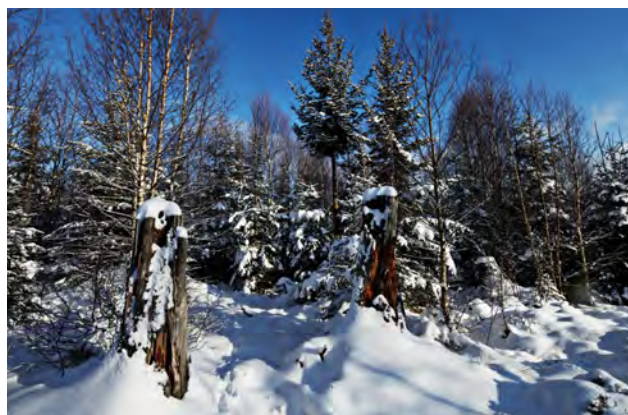


Abbildung 2: Wiederbewaldungsfläche nach den Stürmen Anfang 1990 mit waldbaulich motivierten Eingriffen (Foto: Segatz)

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

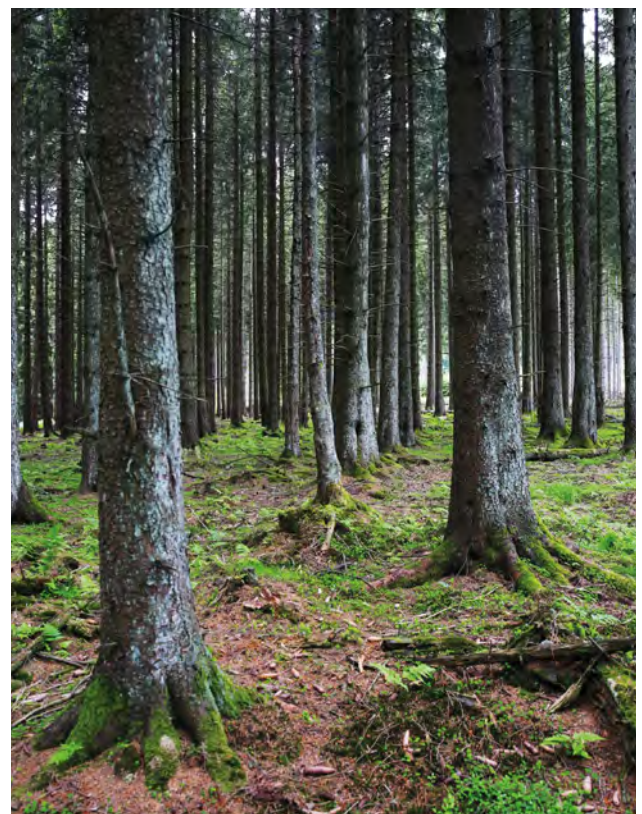


Abbildung 5: Reiner Fichten-Altbestand (Foto: Segatz)



Abbildung 6: Buchen-Unterstand unter Altlichten-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.

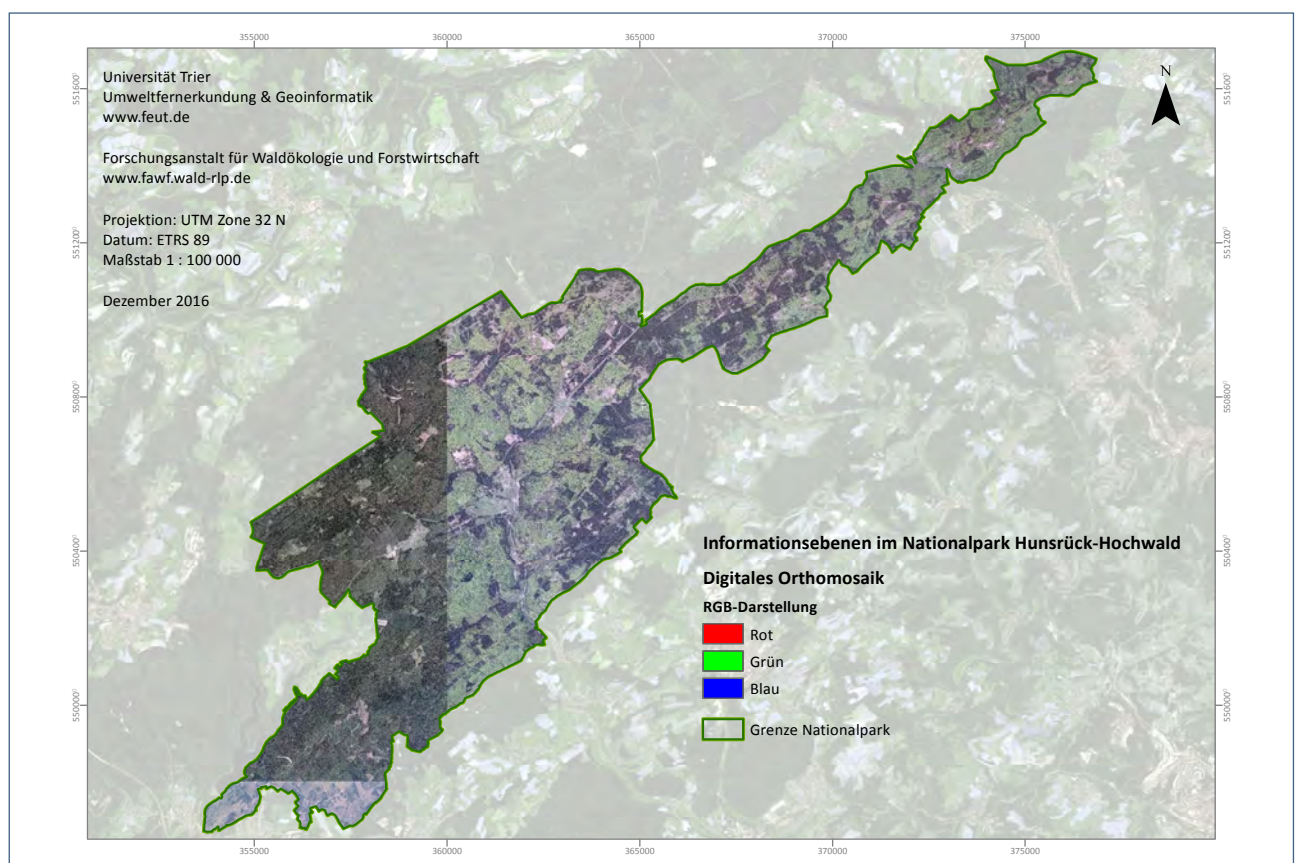


Abbildung 9: Digitales Orthomosaik

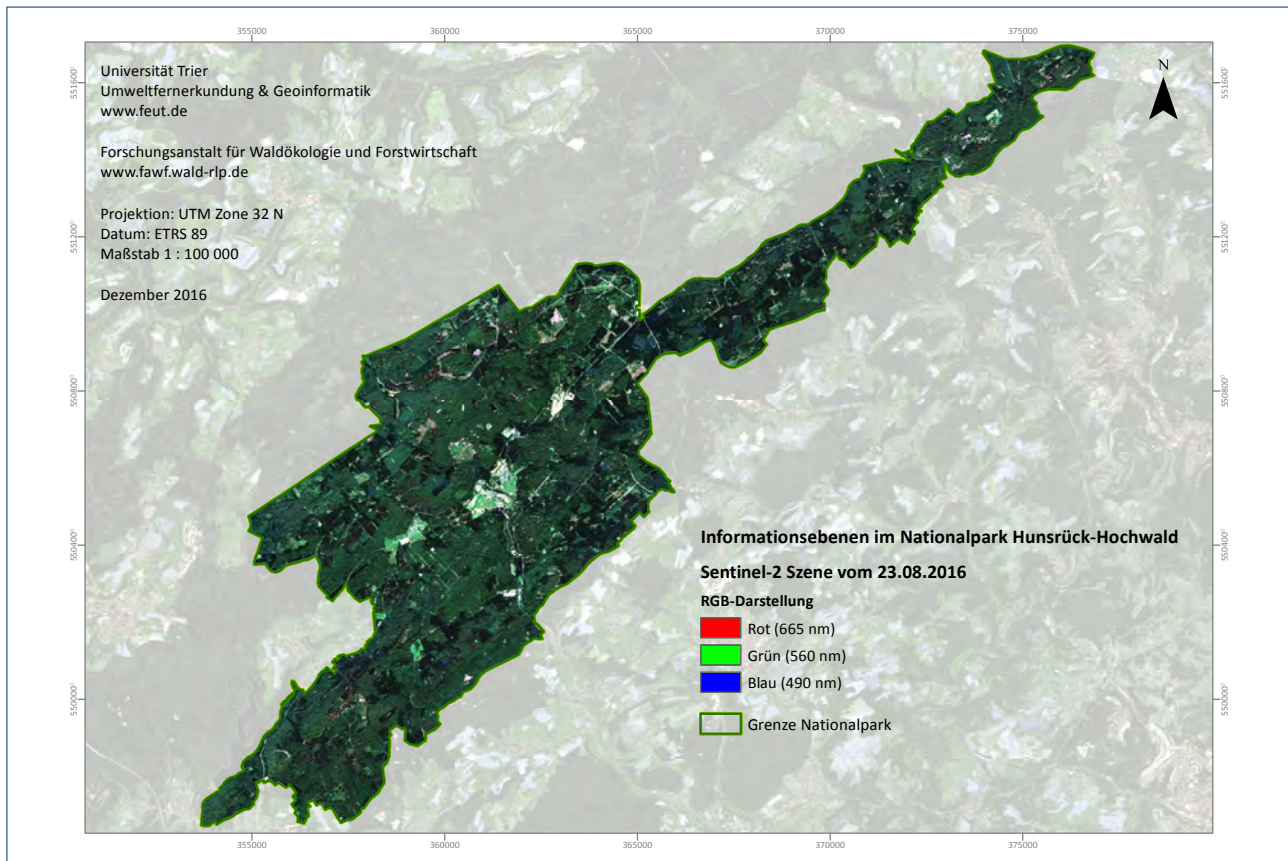


Abbildung 10: Sentinel-2 Multi Spectral Instrument (MSI) Szene vom 23.08.2016

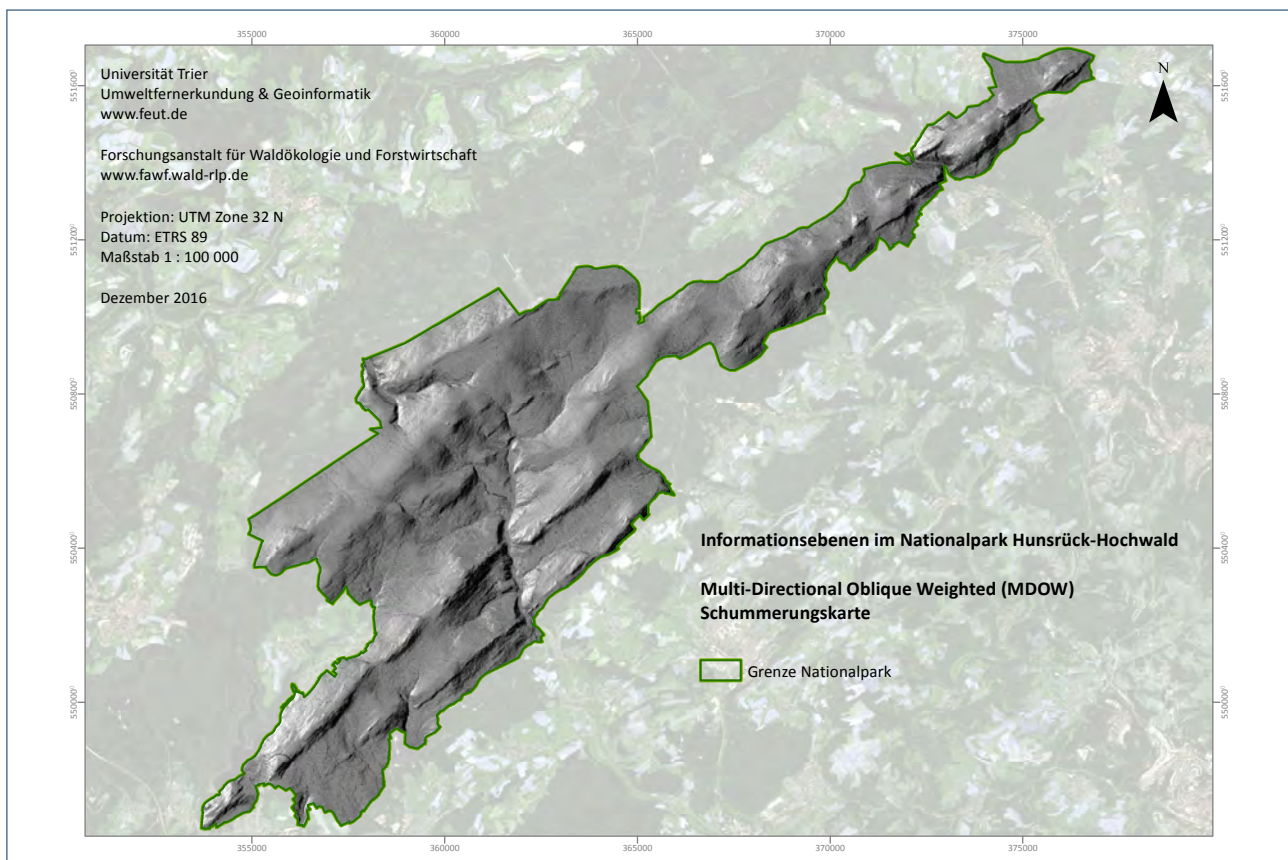


Abbildung 11: Schummerungskarte – Multi-Directional Oblique Weighted (MDOW)

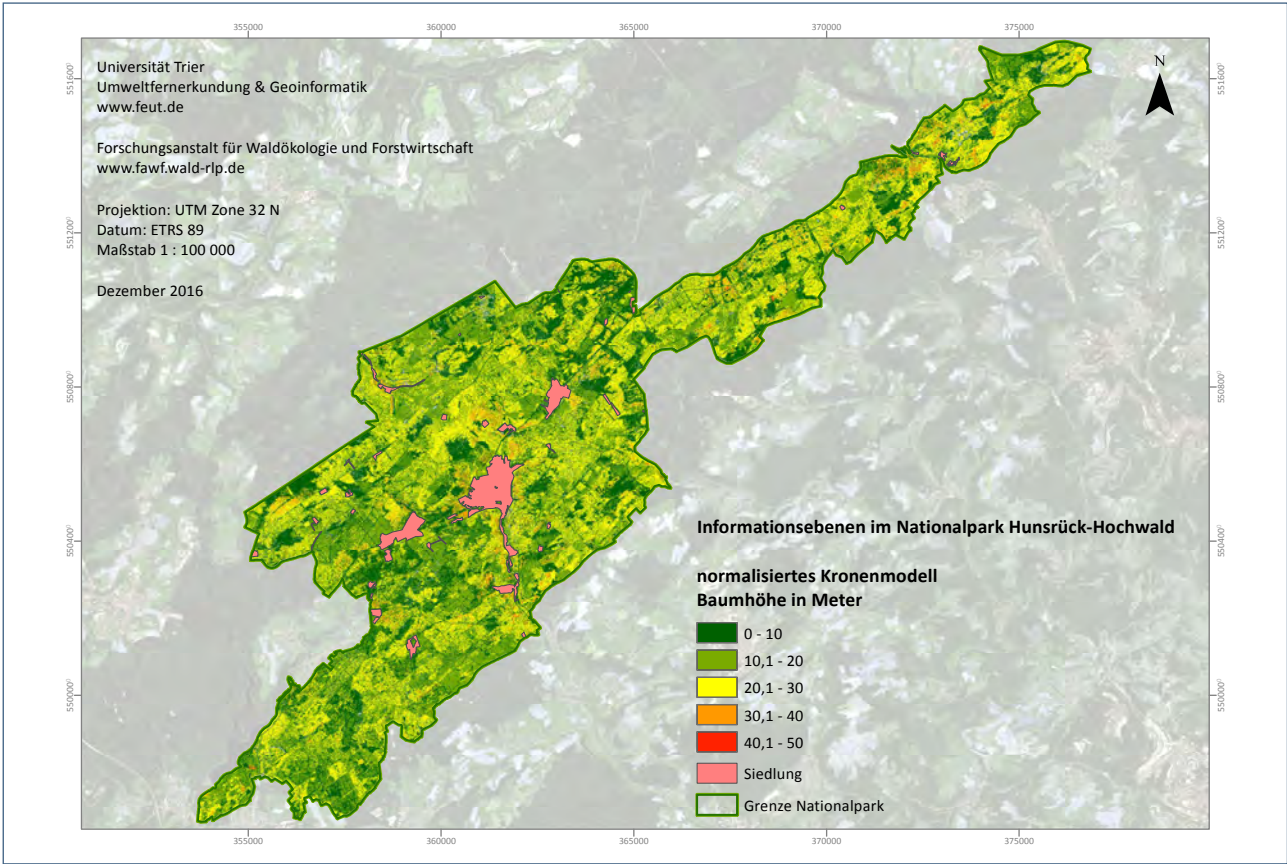


Abbildung 12: Normalisiertes Kronenmodell (nKm) – Höhenstufen

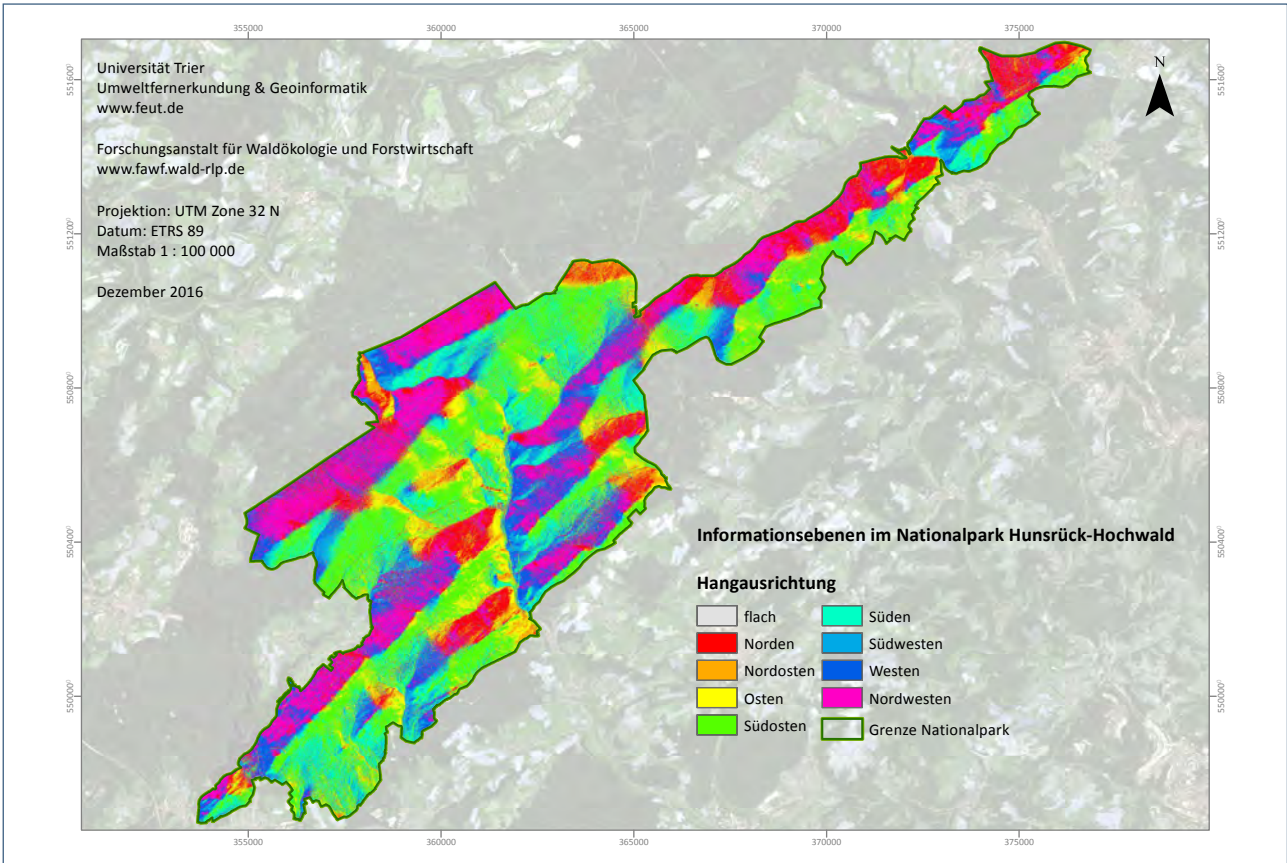


Abbildung 13: Hangausrichtung

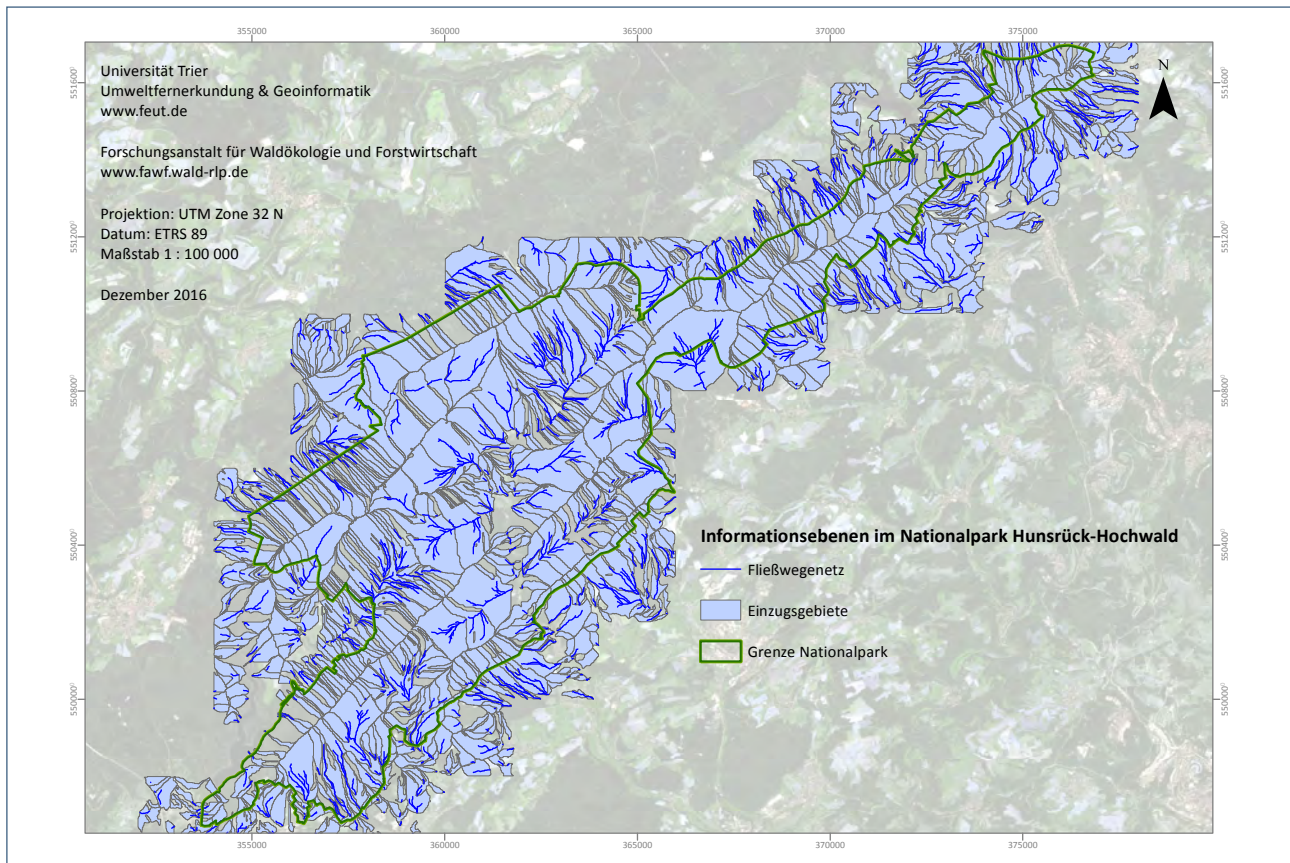


Abbildung 14: Fließwegenetz und Einzugsgebiete

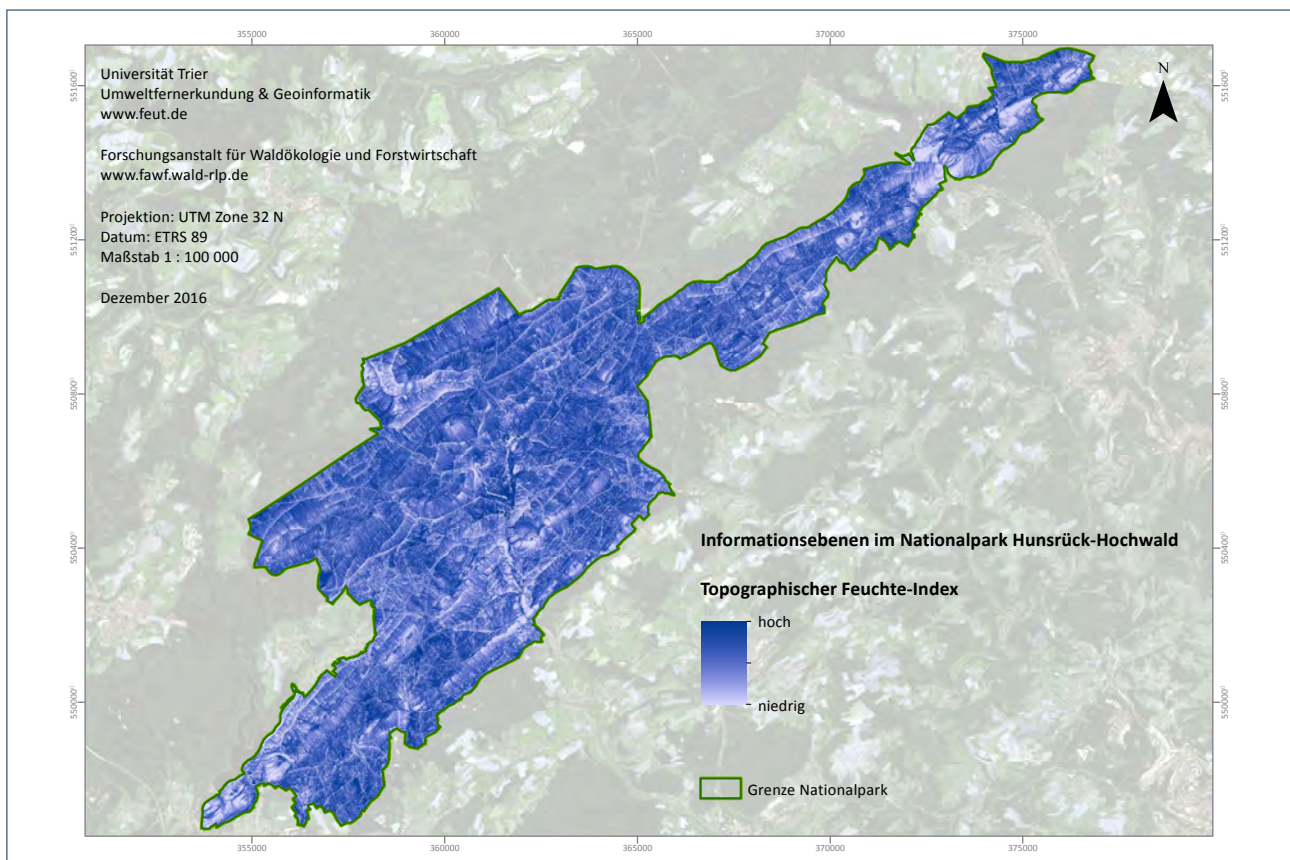


Abbildung 15: Topographic Wetness Index (TWI)

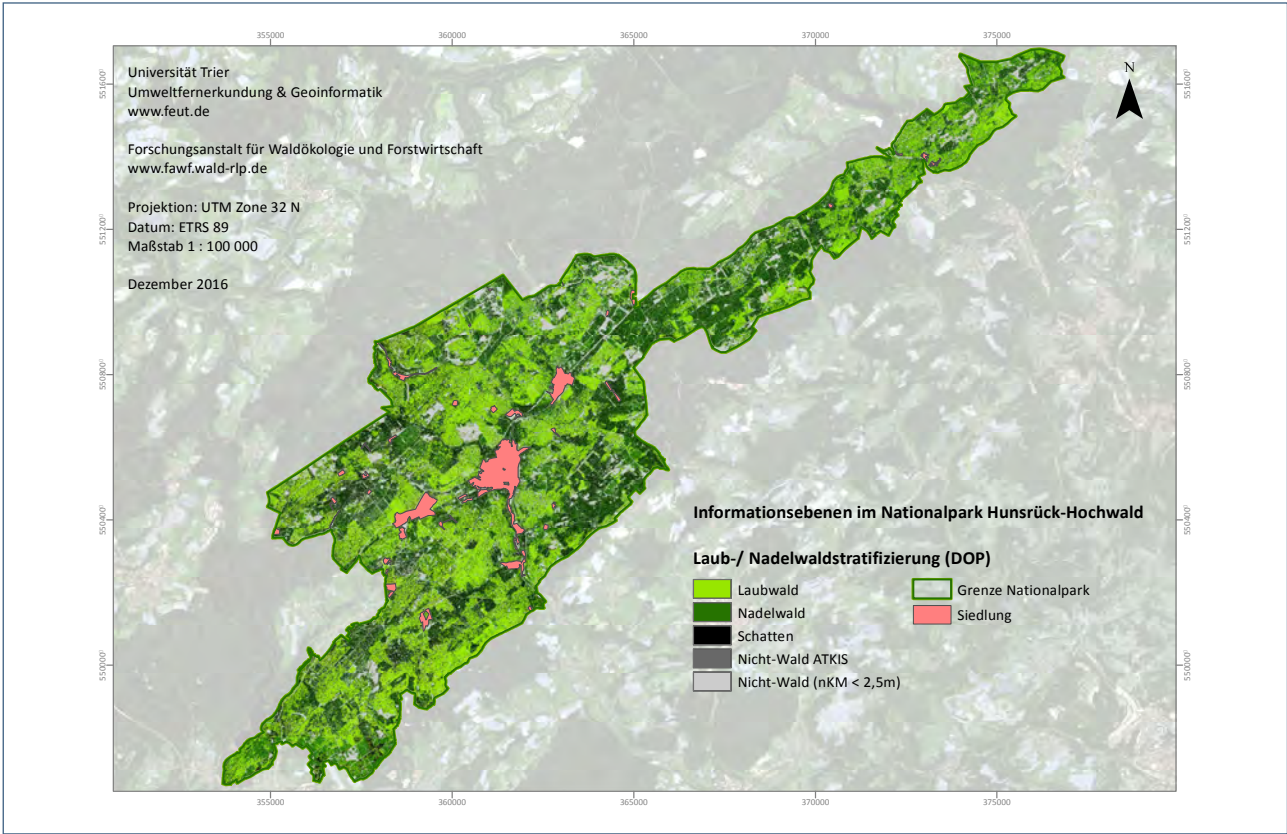


Abbildung 16: Waldtypenstratifizierung

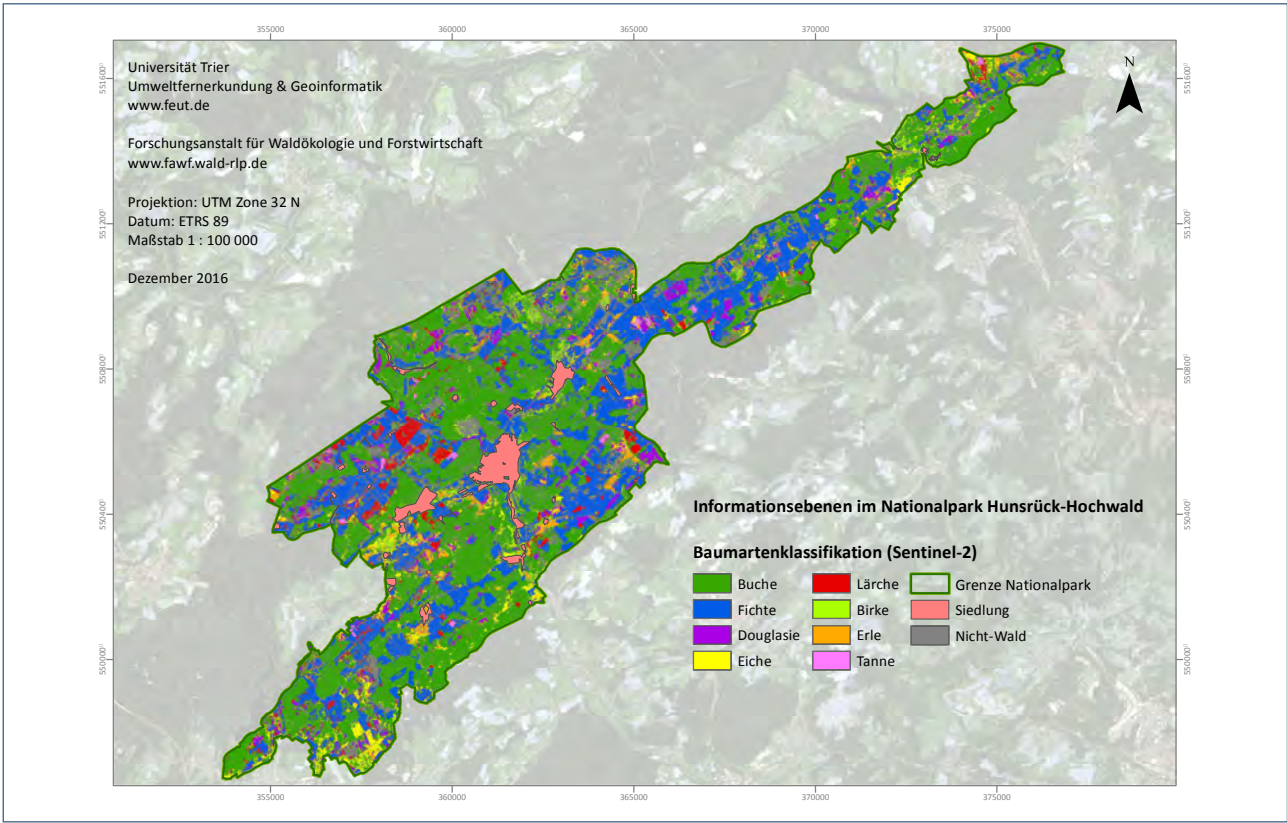


Abbildung 17: Baumartenklassifikation

Ergebnisse der Ausscheidung „Naturräumliche Einheiten (NE)“

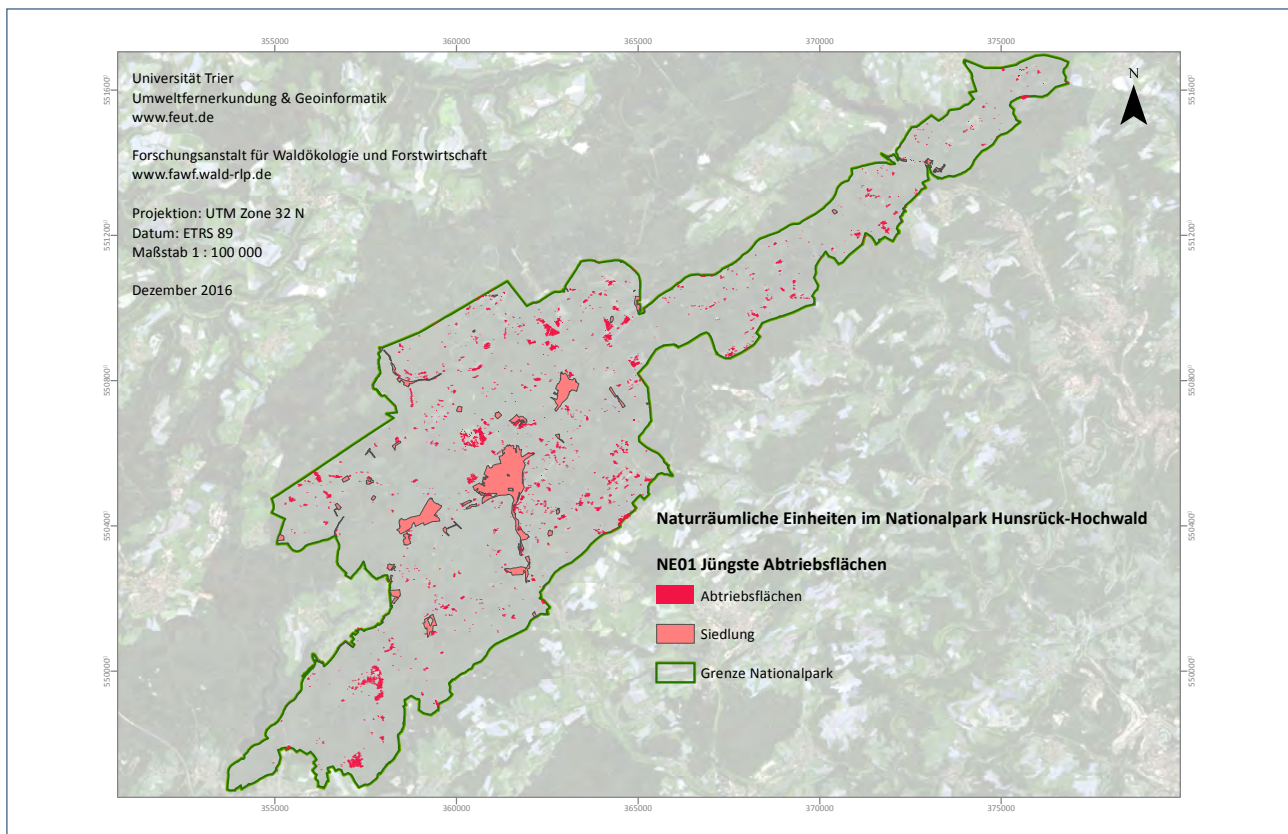


Abbildung 18: Naturräumliche Einheit „Jüngste Abtriebsflächen“ (NE01)

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

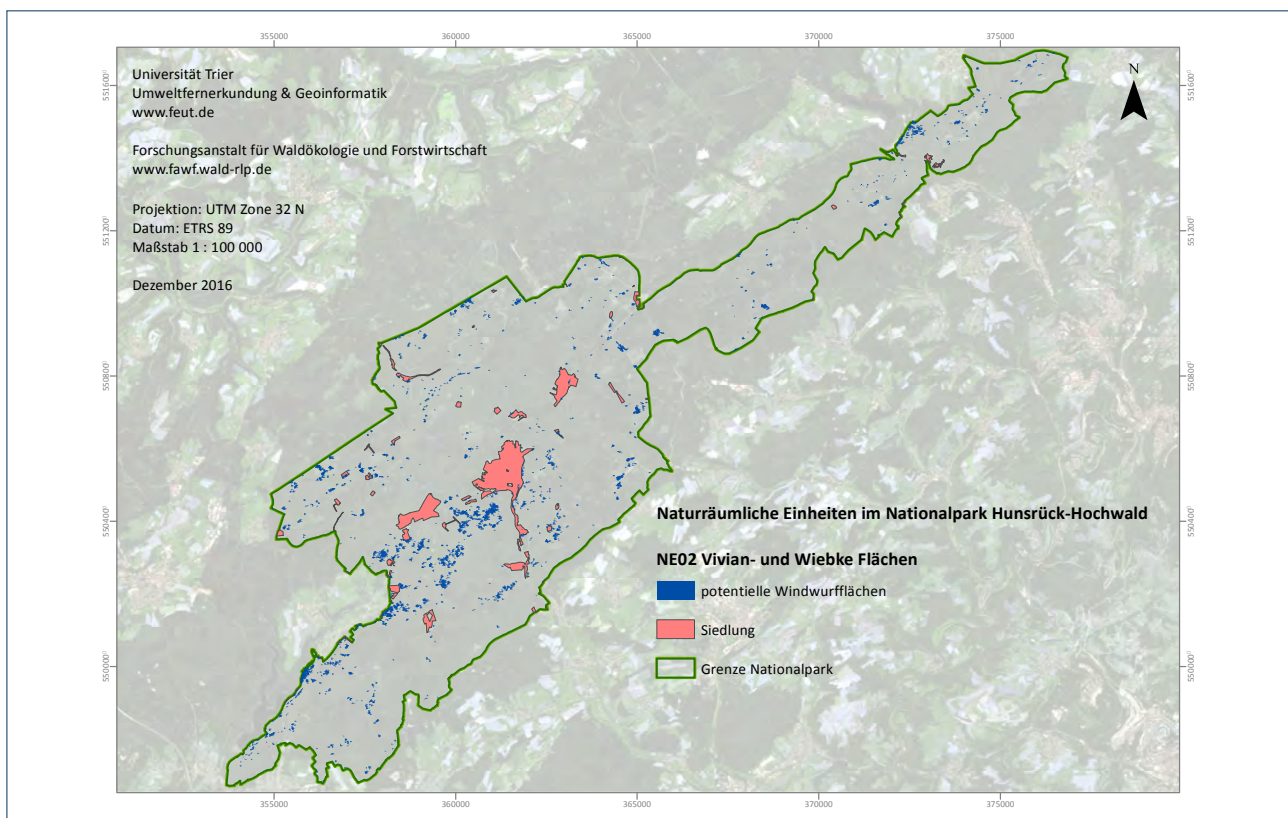


Abbildung 19: Naturräumliche Einheit „Flächen aus den Sturmwürfen 1990“ (NE02)

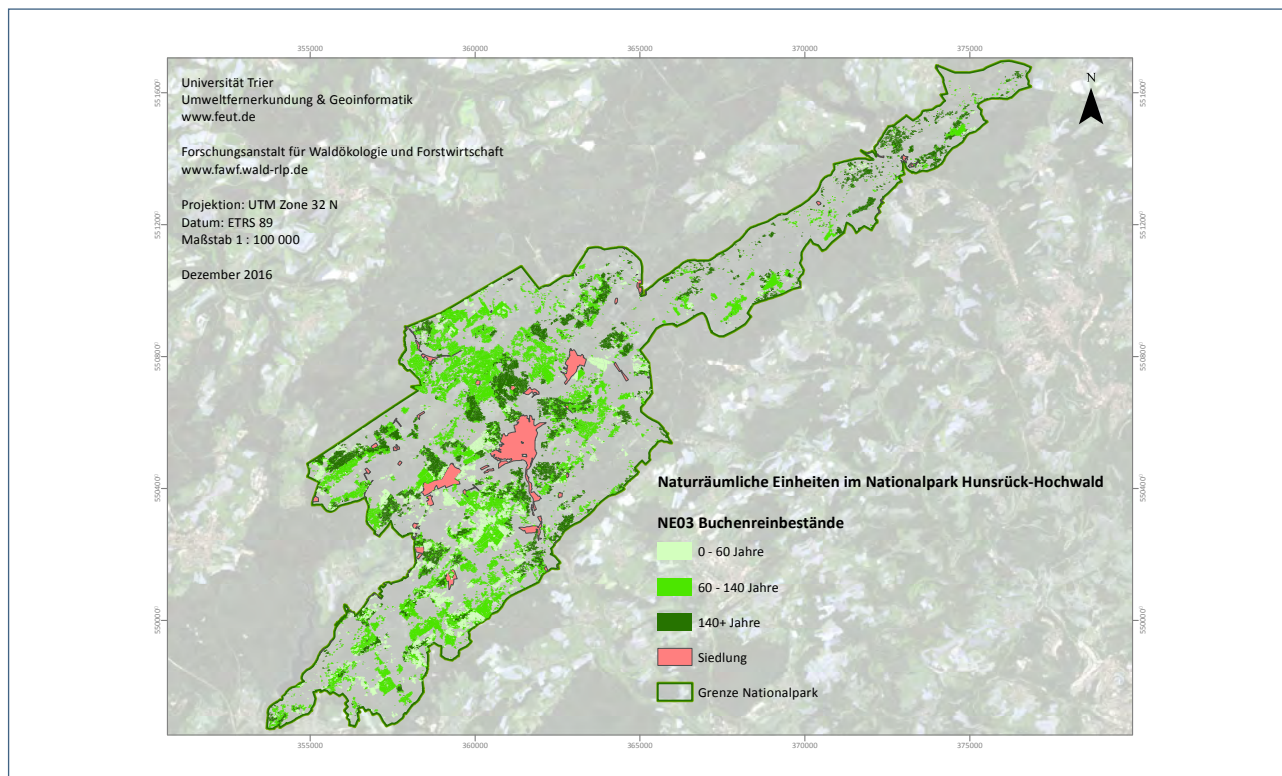


Abbildung 20: Naturräumliche Einheit „Buchenreinbestände“ (NE03) | Die Gesamtfläche der NE03 wurde mit 2.489 ha ermittelt, d. h. rd. 25 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 03 „Buchenreinbestände“ (38,6 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

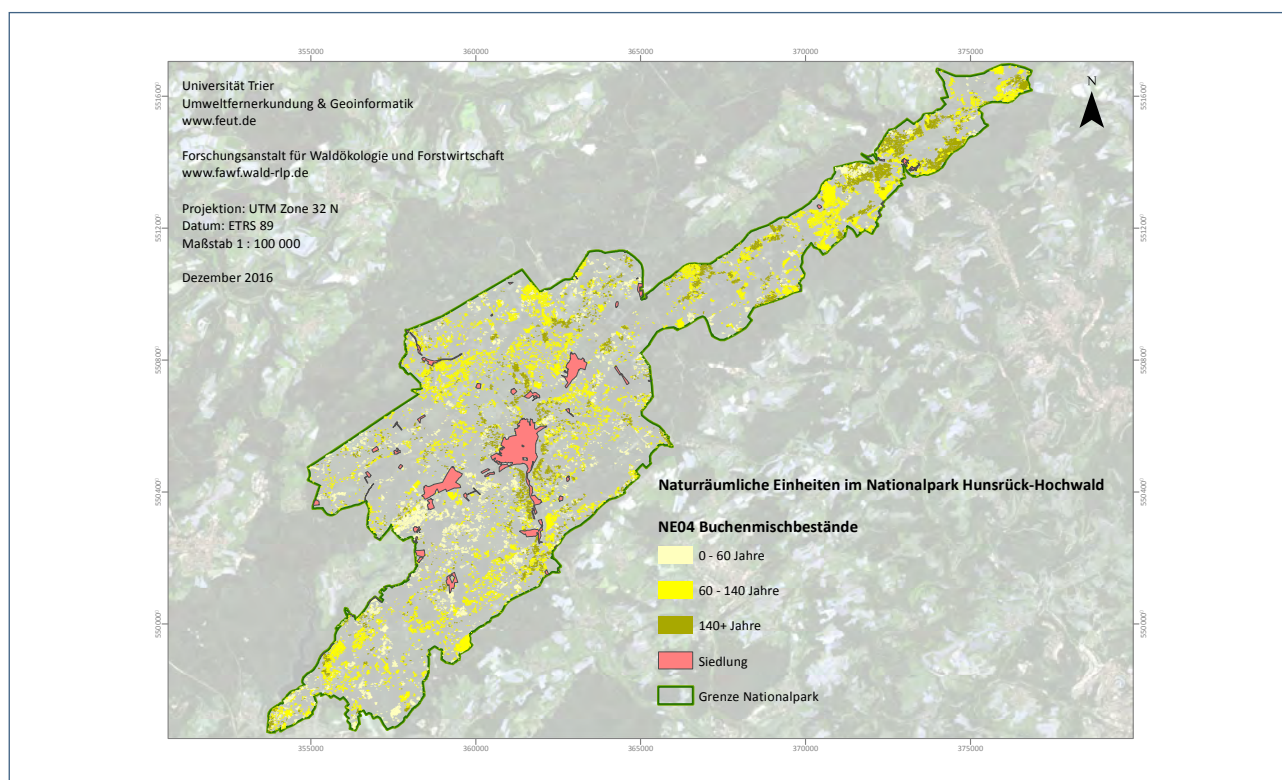


Abbildung 21: Naturräumliche Einheit „Buchenmischbestände“ (NE04) | Die Gesamtfläche der NE04 wurde mit 1.364 ha ermittelt, d. h. rd. 14 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 04 „Buchenmischbestände“ (20,4 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

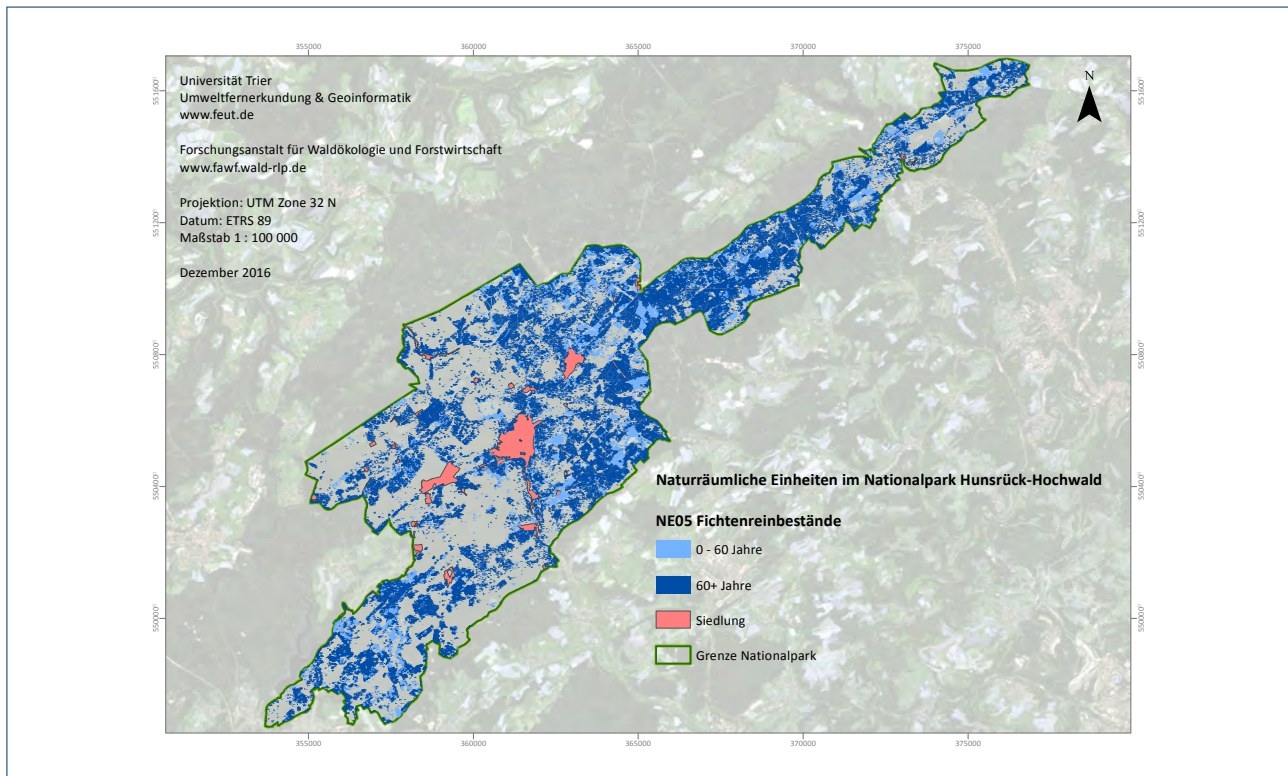


Abbildung 22: Naturräumliche Einheit „Fichtenreinbestände“ (NE05) | Die Gesamtfläche der NE05 wurde mit 3.200 ha ermittelt, d. h. rd. 32 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 05 „Fichtenreinbestände“ (33,9 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

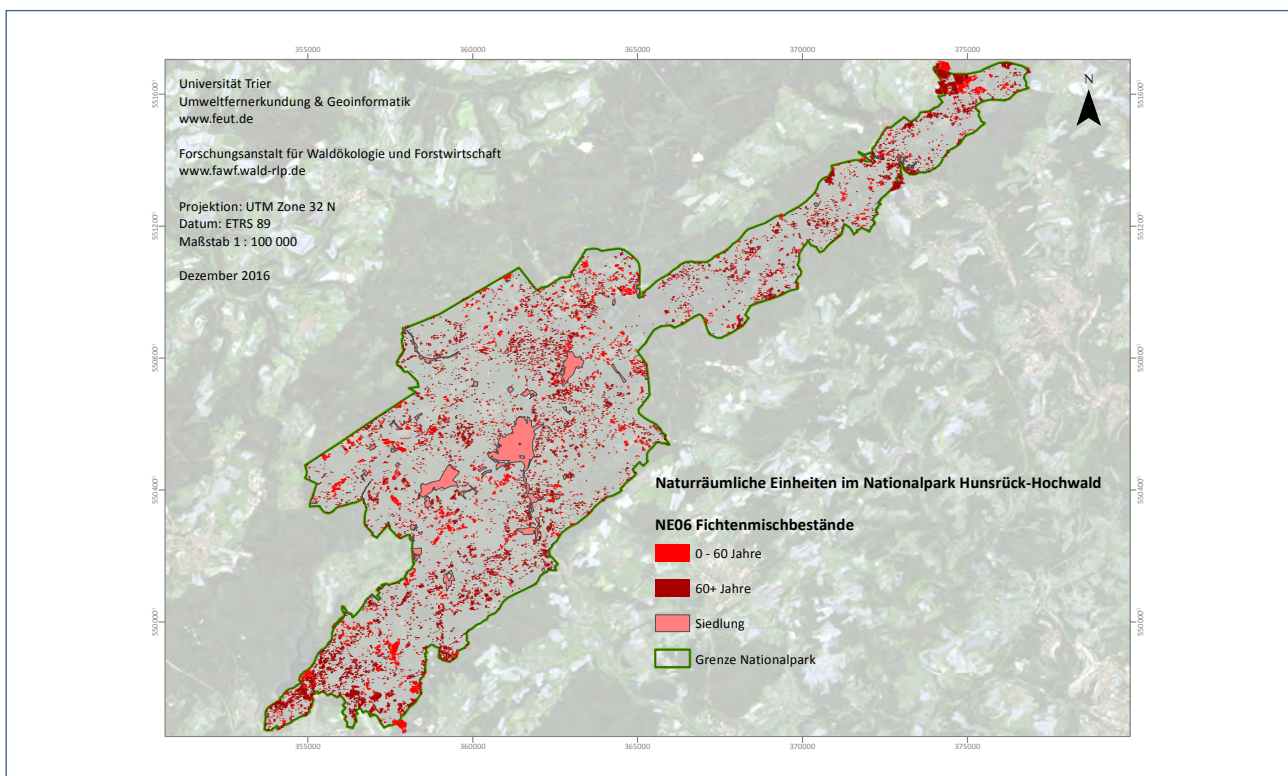


Abbildung 23: Naturräumliche Einheit „Fichtenmischbestände“ (NE06) | Die Gesamtfläche der NE06 wurde mit 937 ha ermittelt, d. h. rd. 9 % der NLP-Fläche gehört damit zur Naturräumlichen Einheit 06 „Fichtenmischbestände“ (5,3 % Flächenanteil am Gesamt-Suchraum aus 126 Kacheln).

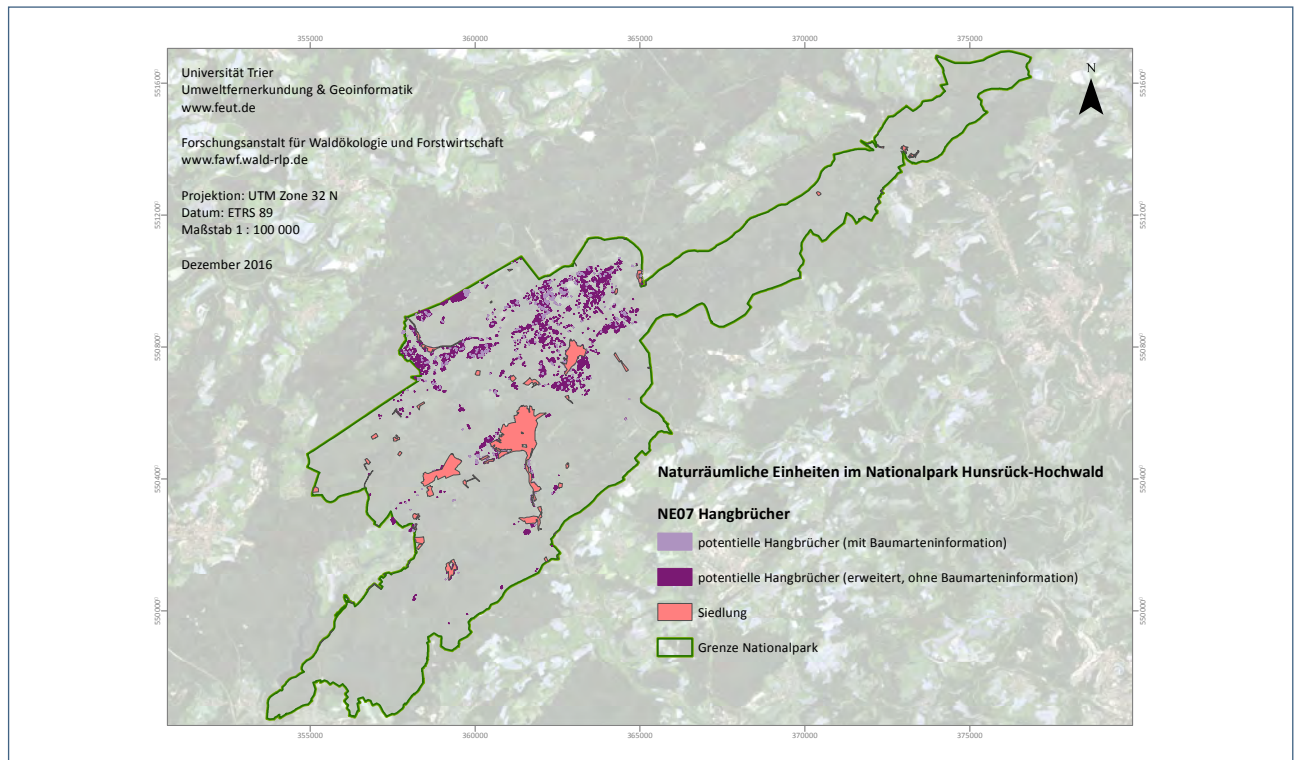


Abbildung 24: Naturräumliche Einheit „Hangbrücher“ (NE07) | Für die Einheit „Hangbrücher“ wurden neben Fernerkundungsdaten wie Topographic Wetness Index (Topographischer Nässe-Index) (TWI) die Ergebnisse der forstlichen Standorterkundung verwendet. Daneben fand eine Baumartenklassifikation bezüglich 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.

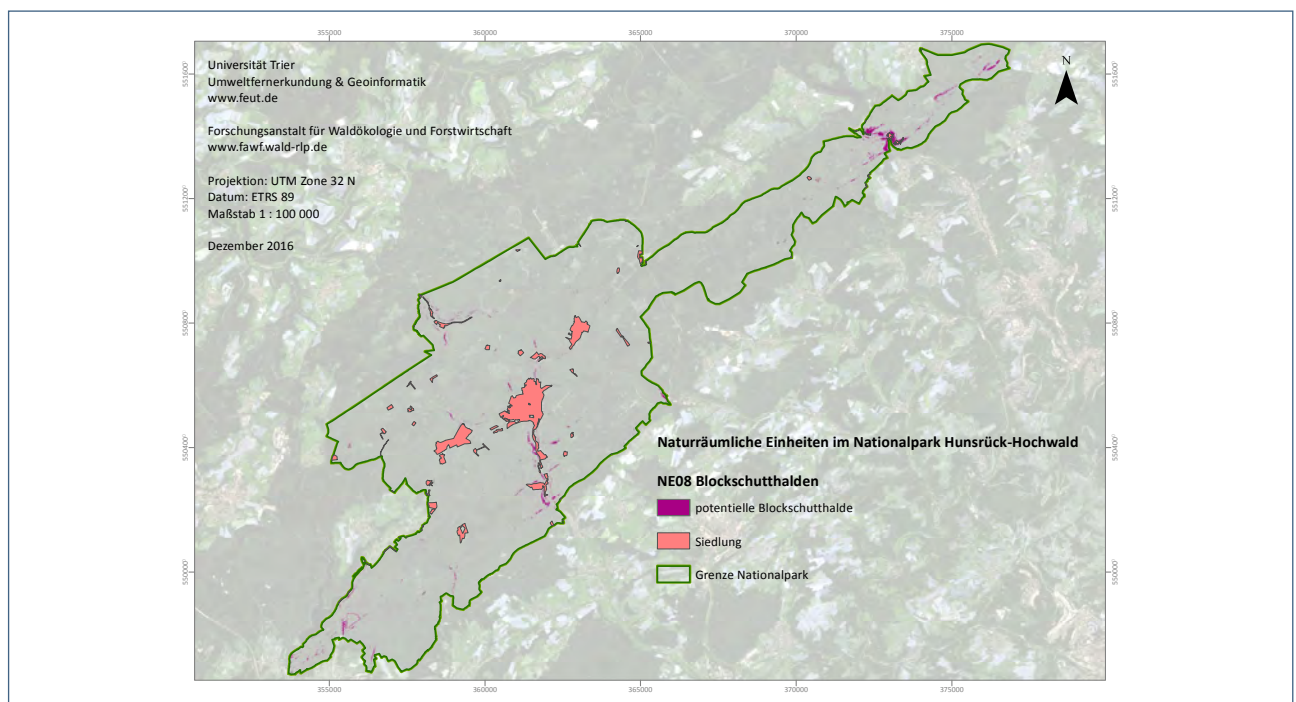


Abbildung 25: Naturräumliche Einheit „Blockschutthalden/Rosselthalde“ (NE08) | Die Gesamtfläche der NE08 wurde aufgrund der fernerkundlichen Erfassung zuzüglich eines 20-m-Puffers auf ca. 85 ha geschätzt.

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
- > „Blockschutthalden/Rosselhalden“ und „Hangbrücher“ bilden Sonderstandorte
- > randomisierte Ziehung von Kacheln in jeweiligen Naturräumlichen Einheiten
- > stratifiziert-zufällige Flächenstichproben
- > Grundlage biotischer und abiotischer Untersuchungen

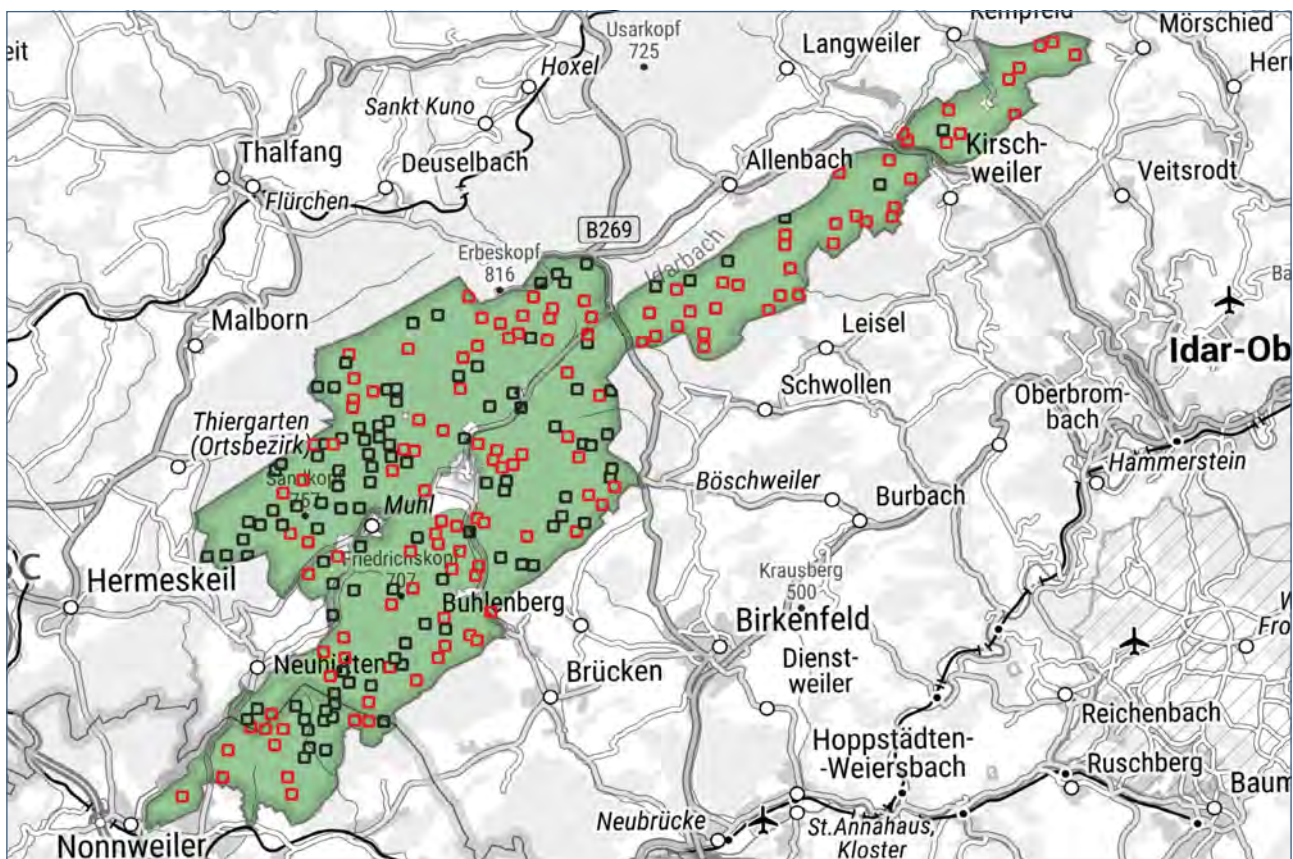


Abbildung 26: Lage der gezogenen Kacheln (Reservekacheln schwarz dargestellt)

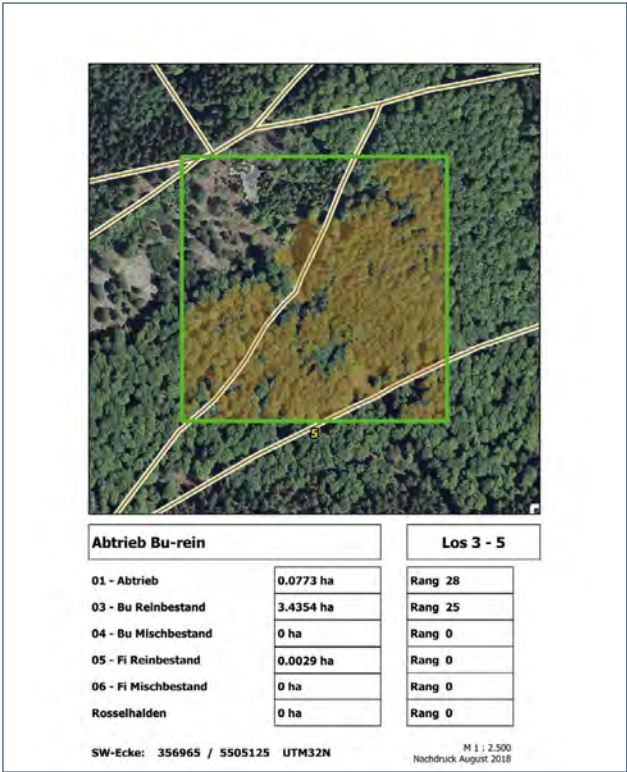


Abbildung 27: Beispiel einer Kachel, die verwendet wird für Untersuchungen der NE03 BU-Reinbestand (ca. 55 % der Suchkulisse), Rang 25 von 30 gezogenen Kacheln

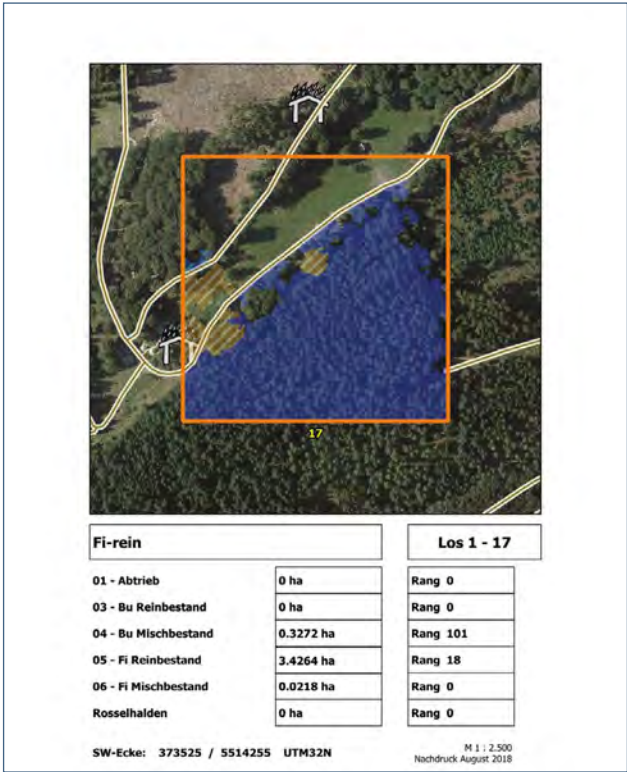


Abbildung 28: Beispiel einer Kachel, die verwendet wird für Untersuchungen der NE05 FI-Reinbestand (ca. 55 % der Suchkulisse), Rang 18 von 30 gezogenen Kacheln

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 (Rosselhalden): Da bei der Stichprobenziehung aufgrund des geringen Flächenanteils und der topographisch bedingten Verteilung lediglich 9 Kacheln mit Anteil NE „Blockschutthalden/Rosselhalden“ gezogen wurden, wurde beschlossen, diese Einheit als individuelle Objekte mit entsprechend modifiziertem Aufnahmedesign zu betrachten. Die Anteile der Rosselhalden 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 Blockschutthalden durch kleinräumige Höhenunterschiede geprägt sind, eine modifizierte Schummerungskarte wurde generiert.

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

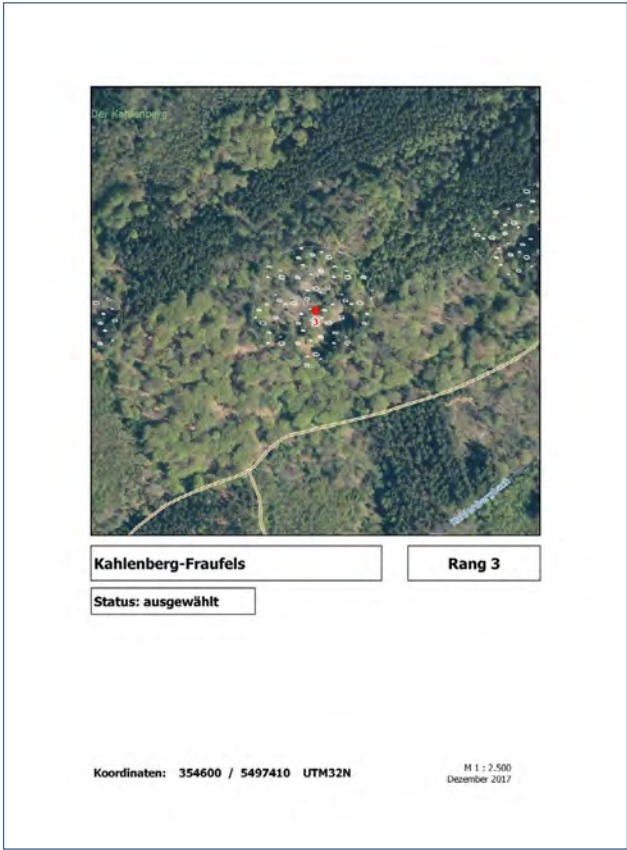


Abbildung 29: Beispiel von Flächen der NE08 Rosselhalden

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/Rosselhalden“ 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.



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 Datenergebnisse 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.

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