

Hessische Naturwaldreservate im Portrait

Zackenbruch



Einführung

Buchenwaldgesellschaften würden heute ohne menschlichen Einfluss über 90 Prozent der hessischen Waldfläche einnehmen und bilden daher den Untersuchungsschwerpunkt des hessischen Naturwaldreservate-Programms. Etwa zeitgleich mit der Ankunft der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) erreichte die Fichte (*Picea abies*) bereits vor rund 5.800 Jahren den Harz. Hier konnte sie sich etablieren und in hochmontanen Lagen bis heute überdauern. Aus derselben Zeit gibt es pollenanalytische Nachweise dieser Nadelbaumart auch aus Hessen, beispielsweise aus dem Taunus, dem Odenwald, dem Spessart, dem Vogelsberg und der Rhön. Ihr sehr geringer Anteil von etwa einem halben bis fünf Prozent der Baumpollen in den Pollenspektren der genannten Naturräume wird jedoch von den meisten Fachleuten auf Ferntransport, beispielsweise aus dem Thüringer Wald, zurückgeführt.

Im Zuge der Massenausbreitung der Buche, die in Hessen vor etwa 3.000 Jahren begann, ist dann ein deutlicher Rückgang der Fichte in den Pollenspektren auf durchgehend unter ein Prozent erkennbar. Daraus ist zu folgern, dass diese Nadelbaumart spätestens nachdem die Buche die Vorherrschaft erlangte, in Hessen keine geeigneten Lebensbedingungen mehr vorfand. Ein weiteres Überdauern der Fichte wäre allenfalls sehr lokal in der hochmontanen Stufe der hessischen Mittelgebirge und hier nur im Bereich von Moorrandlagen denkbar. Konkrete Belege, beispielsweise durch Funde von Holzresten in Mooren, gibt es hierfür jedoch bisher nicht.

Eine nennenswerte Rolle spielt die Fichte in hessischen Wäldern daher erst seit der Einführung einer geregelten Forstwirtschaft. Seit dem letzten Drittel des 18. Jahrhunderts





wurde sie verstärkt auf Waldblößen sowie in stark aufgelichteten Waldbeständen angebaut und ab dem 19. Jahrhundert, meist in Reinbeständen, in alle hessischen Mittelgebirge eingebracht. Heute ist sie nach den Ergebnissen der dritten Bundeswaldinventur mit einem Anteil von 22 Prozent die wichtigste Nadelbaumart in Hessen.

Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, die Entwicklung von künstlich begründeten Fichtenbeständen auch im Rahmen des hessischen Naturwaldreservate-Programms wissenschaftlich zu beobachten. Dies geschieht in den Naturwaldreservaten Wispertal (Rheingau-Taunus-Kreis) und Zackenbruch (Lahn-Dill-Kreis).

Mit der Ausweisung des Naturwaldreservats Zackenbruch sind dabei insbesondere folgende Fragen verbunden:

- Wie entwickelt sich ein weitgehend homogener Fichtenbestand in submontaner Lage ohne forstlichen Nutzungseinfluss?
- Setzt sich die Fichte in den natürlicherweise von Buchen bewachsenen Bereichen auch ohne Eingriffe des Menschen durch?
- Kann sich die Fichte vor dem Hintergrund von Immissionen, Klimawandel, Sturmereignissen und Borkenkäferbefall auch ohne Forstschutz- und Bewirtschaftungsmaßnahmen behaupten?

Wenn auch nicht alle diese Fragen abschließend beantwortet werden können, so konnten doch in den vergangenen zwei Jahrzehnten seit der Einrichtung des Naturwaldreservats Zackenbruch bereits vielfältige Erkenntnisse zu den angesprochenen Themenkomplexen gewonnen werden. Mit dem vorliegenden Naturwaldreservate-Portrait werden sie erstmals einem breiten Leserkreis vorgestellt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einführung	2
Zackenbruch	5
Waldstruktur	16
Übersichtskarte	20/21
Bodenvegetation	22
Moose	28
Genetisches Monitoring an Fichten	31
Ausblick	33
Literaturhinweise, Impressum	35

Zackenbruch

Das Naturwaldreservat Zackenbruch liegt im Lahn-Dill-Kreis etwa einen Kilometer südöstlich von Haiger-Oberroßbach im Waldgebiet „Die Struth“. Das 19 Hektar große Gebiet wurde 1996 ausgewiesen und besitzt keine bewirtschaftete Vergleichsfläche. Es ist Teil des überwiegend bewaldeten europäischen Vogelschutzgebietes „Hauberge bei Haiger“ (7.681 ha). Der bewaldete Bergrücken der Struth ist vom Oberen Dill- und Dietzhölztal umgeben und erreicht im Mittel Höhen um 500 m ü. NN. Am Hemmrain liegt auf 561 m Meereshöhe der höchste Punkt des Waldgebietes, der sich nur 150 m südöstlich des Naturwaldreservats befindet. Ausgangsgestein der Bodenbildung sind im Naturwaldreservat devonische Ton-

schiefer und Grauwacke. Als Bodentyp sind mit Ausnahme kleinerer Quellstandorte durchweg Braunerden zu finden, die teilweise schwach podsoliert sind. Noch bevor das Gebiet als Naturwaldreservat vorgesehen war, ist 1993 einmalig eine Bodenschutzkalkung durchgeführt worden, bei der vom Hubschrauber aus sehr wahrscheinlich die damals übliche Menge von drei Tonnen kohlenurem Magnesiumkalk eingebacht wurde.

Naturräumlich gehört die Struth zum Dilltal, einem Teilnaturraum des Westerwaldes. Das Klima ist rau und niederschlagsreich. Im langjährigen Mittel liegt der Jahresniederschlag bei 980 mm, von denen 380 mm in der Vegetationsperiode fallen. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 7,3 °C, die mittlere Temperatur in der Vegetationsperiode 13,6 °C.



Blick von Oberroßbach zum Naturwaldreservat Zackenbruch (oberer Bildrand). Das Windrad auf dem Hemmrain markiert etwa die westliche Gebietsgrenze. Die Hänge sind überwiegend mit Haubergen (unten) und mittelalten Fichtenbeständen, die aus Haubergen hervorgehen, bedeckt.

Im Rahmen der natürlichen nacheiszeitlichen Rückwanderung erreichte die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) etwa vor 6.500 Jahren das Lahn-Dill-Bergland. Vor etwa 2.800 bis 3.000 Jahren erfolgte ihre Massenausbreitung und es entwickelten sich großflächig bodensaure Buchenwälder.

Die Wälder im nördlichen Teil des Lahn-Dill-Kreises gehörten historisch zum Fürstentum Nassau-Dillenburg und waren später Teil von Oranien-Nassau. Ihre Nutzungsgeschichte ist durch eine früh einsetzende und bedeutende Eisenproduktion geprägt und weist große Parallelen zu derjenigen des benachbarten Siegerlandes (ehemals Fürstentum Nassau-Siegen) auf. Die naturräumlichen Voraussetzungen sind sehr ähnlich und die beiden Regionen verbindet eine lange gemeinsame Geschichte.

Bereits im 8. Jahrhundert v. Chr. (Hallstatt-Periode) entstand hier ein Zentrum der Eisen- und Stahlproduktion. Etwa gleichzeitig ist in Pollenprofilen ein Rückgang der Rotbuche erkennbar, der möglicherweise bereits mit dem Holzverbrauch für die Erzverhüttung im Zusammenhang steht. Vom beginnenden 17. Jahrhundert (Ein-

führung der Hochofentechnologie) bis in das 20. Jahrhundert hinein gehörte das Gebiet zu den wichtigsten Eisenproduktionslandschaften Mitteleuropas. Eine entscheidende Voraussetzung hierfür war neben den reichen Roteisensteinlagerstätten der Holzreichtum dieser Region. Zur Herstellung einer Tonne Eisen benötigte man etwa dreieinhalb bis fünf Tonnen Holzkohle. Für eine Tonne Holzkohle waren etwa fünf Tonnen Kohlholz notwendig. Für eine Tonne Eisen benötigte man somit etwa 18-25 Tonnen bzw. 26-36 Festmeter Holz. Der mit der Erzverhüttung im Zusammenhang stehende hohe Bedarf an Holz für die Köhlerei trug im Abgleich mit weiteren Notwendigkeiten wie der Bereitstellung einer ausreichenden Acker- und Weidefläche zur Herausbildung der Haubergswirtschaft bei, einer Sonderform der Niederwaldwirtschaft, über die unten noch genauer berichtet wird.

Eisengewinnung wurde anfangs dort im Wald betrieben, wo Eisenstein, Wasser und vor allem ausreichend Holz zur Verhüttung vorhanden waren. Eisenhaltige Schlacken im Wald weisen auf eine vorindustrielle Eisengewinnung in sogenannten Waldschmieden oder -hütten hin. Solche Schlackenhalden sind häufig an Bächen und in Quellmulden zu finden und lassen sich im Dill- und Dietzhölztal überwiegend dem Mittelalter zuordnen. Nach Datierungen mit der Radiokarbonmethode sind die Verhüttungsplätze hier im Zeitraum zwischen 565 und 1255 n. Chr. entstanden. Auch aus dem Naturwaldreservat Zackenbruch und seiner unmittelbaren Umgebung (Umkreis von 500 Metern) sind bisher sieben solcher Schlackenhalden bekannt.

Die Analyse von Holzkohlen aus dem Dill- und Dietzhölztal gibt Auskunft darüber, welche Holzarten und -qualitäten



Eisenschlacke von einer Halde im Naturwaldreservat Zackenbruch

von den Köhlern verarbeitet wurden. Die ältesten ausgewerteten Holzkohlefunde in der Struth stammen von einer latènezeitlichen Kupferverhüttungsanlage am Himmberg bei Haiger-Rodenbach, zweieinhalb Kilometer südwestlich des Zackenbruchs. Sie lassen sich auf die Zeit um 260 ± 70 v. Chr. datieren. Bemerkenswert ist, dass die dort gefundene Holzkohle zu 82 % aus Erlenholz besteht. Birkenholz macht 8 %, Eichenholz 6 % und Rotbuchen-

holz weniger als 2 % des Spektrums aus. Paläoökologen halten es auf der Grundlage dieses Fundes für möglich, dass bereits um 300 v. Chr. im Lahn-Dill-Bergland erste Niederwälder aus Eichen und Birken entstanden sein könnten. Denkbar ist allerdings auch, dass das vorgefundene Holzartenspektrum mit den speziellen standortökologischen Bedingungen eines Feuchtwaldes in Verbindung zu bringen ist. Auffällig ist jedenfalls, dass ab dem 13. Jahrhundert n. Chr. Eiche und Birke in Holzkohlespektren dominieren und die Rotbuche stark zurücktritt, die in den älteren Funden des 10. bis 12. Jahrhunderts n. Chr. noch einen Anteil von etwa 40 % erreichte. So besteht auch eine aus dem Hochmittelalter (13. Jh. n. Chr.) stammende Holzkohleprobe aus der Struth (4 km nordöstlich des Zackenbruchs) fast vollständig aus Eiche. Die Birken- und Eichenkohlen stammen von Stämmen mit einem Durchmesser von 12 bis 14 cm, für die sich Schlagintervalle von 14 bis 16 Jahren rekonstruieren lassen. Aus diesem Grunde nehmen Paläoökologen an, dass sich Eichen-Birken-Niederwälder im nörd-



Schälung von stehenden Eichen in einem Hauberg zur Gewinnung von Gerberlohe zu Beginn des 20. Jahrhunderts

lichen Lahn-Dill-Kreis auch schon im 10. und 11. Jahrhundert n. Chr. nutzungsbedingt auf größerer Fläche herausgebildet hatten. Aus dem 14. Jahrhundert (Spätmittelalter) stammende Holzkohleproben zeichnen sich durch schlechte Holzqualitäten und ein sehr geringes Schlagalter aus. Dies könnte auf einen Rückgang des Holzangebotes hindeuten.

Erste schriftliche Nachweise einer Holzkohlegewinnung aus dem Nahbereich des heutigen Naturwaldreservats stammen aus dem 15. Jahrhundert: In den Jahren 1444/1445 lieferte „Eichmanns Henn von Rospe“, der Bewohner des „Hofs zu den Eichen“ bei Oberroßbach, Kohlen an den Dillenburger Hof, die den Herborner Büchsenmachern zur Verfügung gestellt wurden. Die Örtlichkeit des später wüst gewordenen Hofes, der etwa 1,5 Kilometer nordwestlich des Naturwaldreservats lag, trägt heute den Flurnamen „Auf dem Kohlplatz“. Wahrscheinlich aus dem 17. bis 19. Jahrhundert stammende Meilerplatten, auf denen Holzkohle hergestellt wurde, finden sich vereinzelt auch im Naturwaldreservat und in seinem unmittel-



Das Pflügen der Hauberge erfolgte zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch mit Rindern.

telbaren Umfeld. Die Umstellung der Eisenverhüttung auf Steinkohlenkoks in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, besonders im Zusammenhang mit dem Eisenbahnbau der 1860er Jahre, führte zu einem raschen Niedergang der Köhlerei in der Struth und ihrem Umfeld. So wurde um 1900 nur noch in Offdilln (4,5 km nordwestlich des Naturwaldreservats) Holzkohle hergestellt.

Auch wenn es unwahrscheinlich ist, dass das heutige Naturwaldreservat Zackenbruch in der Vergangenheit jemals einer Nutzung als Hauberge unterlag, soll im Folgenden doch auf diese besondere Form der Niederwaldwirtschaft näher eingegangen werden, denn die Oberroßbacher Hauberge begannen nur etwa 200 Meter nordwestlich des Naturwaldreservats und die Haubergswirtschaft war und ist in Hessen ausschließlich im nördlichen Lahn-Dill-Kreis verbreitet. Um 1900 bewirtschafteten hier noch elf Ortschaften einen genossenschaftlichen Haubergsbesitz von 3.500 Hektar, während zu dieser Zeit im benachbarten westfälischen Siegerland noch Hauberge auf einer Fläche von etwa 30.000 Hektar existierten.

Die Haubergswirtschaft war ein Niederwaldbetrieb mit weitständiger Bestockung,

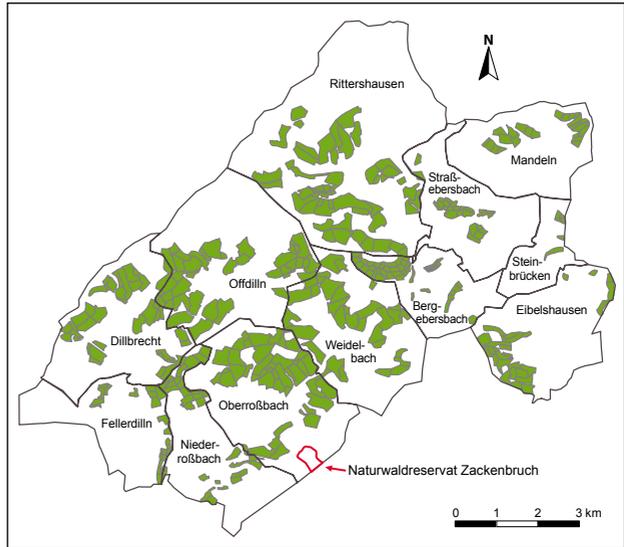
mindestens 15- bis 18-jährigem Umtrieb, einmaligem Roggen- oder seltener Buchweizenanbau sowie ausgedehnter Weide-, Gras- und Streunutzung. Die Umtriebszeit der Hauberge spiegelt sich in deren Parzellierung (Schlageinteilung) wider. So hatte der Ort Oberroßbach beispielsweise 17 Schläge, deren Größe im Mittel bei 19 Hektar lag.

Der erste urkundliche Nachweis des Haubergbetriebs stammt aus dem Jahr 1447 und bezieht sich auf Hauberge, die den Grafen von Nassau gehörten, also nicht genossenschaftlich genutzt wurden. Die Nassauischen Fürsten waren stark der Aufrechterhaltung einer geregelten Haubergswirtschaft und daher auch des genossenschaftlichen Besitzes interessiert, um die Versorgung der Eisenhütten mit Holzkohle sicherzustellen. Aus diesem Grunde erließen sie immer wieder Haubergsordnungen, von denen die erste bereits aus dem 15. Jahrhundert und die letzte, heute noch gültige, aus preußischer Zeit (1887) stammt.



Vor der Einsaat von Getreide und Baumsamen wurden die Krautschicht sowie Grassoden auf Haufen zusammengetragen und in getrocknetem Zustand verbrannt. Die Asche wurde anschließend als Dünger ausgestreut.

Während ursprünglich die Gewinnung von Stangenholz zur Herstellung von Holzkohle bei der Haubergswirtschaft im Vordergrund stand, kam ab dem 17. Jahrhundert die Erzeugung von Gerberlohe (Eichenrinde) hinzu. Die Gerberzunft in Herborn wurde 1667 begründet und expandierte schnell, sodass aus dem Jahr 1734 bereits Klagen über Lohemangel überliefert sind und die Lohegewinnung in den Haubergen zunehmend wichtiger wurde. Mit dem Rückgang der Köhlerei



Aktuelle Verbreitung der Hauberge im Lahn-Dill-Kreis

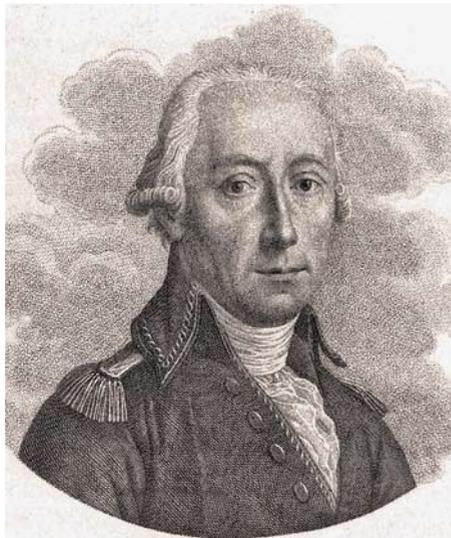
in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gewann die Lohegewinnung dann vorübergehend nochmals an Bedeutung. Getreideanbau im ersten und zweiten Jahr nach der Nutzung der Schläge wurde teilweise noch bis zum Zweiten Weltkrieg durchgeführt, spielte aber bereits um 1900 keine wichtige Rolle mehr. Eine Beweidung mit Rindern wurde von Mai bis August durchgeführt. Der Eintrieb von Rindern sollte nach der Haubergsordnung von 1805 frühestens im fünften Jahr und nur auf der Grundlage eines schriftlichen Attests des zuständigen Oberförsters erfolgen. Hirten, die dem zuwider handelten, drohten drastische Strafen. Obwohl der Eintrieb von Schafen in die Hauberge bereits nach der Haubergsordnung von 1805 verboten war, scheint dies nicht umsetzbar gewesen zu sein. Denn noch hundert Jahre später wird die große Bedeutung der Haubergsweide für die Schafhaltung im Frühjahr und -sommer hervorgehoben und die drei jeweils ältesten Schläge eines Haubergs standen nach

der Haubergsordnung von 1887 für die Schafbeweidung zur Verfügung. Oberroßbach hatte zu dieser Zeit noch etwa 200 Schafe. Im Zeitraum von 1867 bis 1900 war die Zahl der Schafe in den elf Haubergsorten des Lahn-Dill-Kreises aber bereits um 50 Prozent zurückgegangen. Hauptgegenstand einer Streunutzung war der Besenginster (*Cytisus scoparius*), der drei Jahre nach dem Schlag auffällig in Erscheinung trat und schließlich in den 6- bis 7-jährigen Schlägen geerntet wurde. Zur Einsparung von Stroh wurde er in die Viehställe gebracht. Gras- und Streunutzung spielten um 1900 bereits eine untergeordnete Rolle. Nur Leute mit geringem Landbesitz holten noch Gras aus dem Wald, um ihr Vieh über den Winter zu bringen. Der Anteil von Nadelholzkulturen auf vormaliger Haubergsfläche lag zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch bei unter einem Prozent, doch war in den Folgejahren ein beständiger Anstieg, besonders in ortsfernen Lagen, zu beobachten. Im Roß-

bach-, Dill- und Dietzhölzthal sind gegenwärtig noch 1.850 Hektar Hauberge in Betrieb. Aufgrund einer geringeren Nachfrage nach Stangenholz hat sich die Umtriebszeit in den Haubergsflächen heute auf etwa dreißig Jahre verlängert.

Auch wenn viele Detailfragen offen bleiben, so lässt sich die Wald- und Nutzungsgeschichte des Waldgebietes „Die Struth“ und damit auch die des heutigen Naturwaldreservats Zackenbruch seit dem Mittelalter auf der Grundlage verschiedenster Daten und Quellen in ihren Grundzügen recht gut rekonstruieren.

„Struth“ ist ein nicht nur in Hessen häufiger Flurname, bei dem sich nach dem Deutschen Wörterbuch von Jacob und Wilhelm Grimm schon früh ein Bedeutungsübergang von „Sumpfland“ zu „Buschwald“ vollzog. In Nassau ist nach Angaben des Philologen und Historikers Joseph Kehrein (1808-1876) der Flurname „Struth“ mit Gesträuch, Gebüsch, Buschwald und Dickicht gleichzusetzen. Dies könnte auf eine niederwaldartige



Friedrich Ludwig von Witzleben wirkte von 1779 bis 1796 in Dillenburg.

Nutzung des Waldgebiets während des frühen Mittelalters hindeuten, denn zu dieser Zeit tritt sein Name erstmals in Urkunden auf. Ob Niederwälder allerdings zu dieser Zeit in der gesamten Struth verbreitet waren oder nur in den Randlagen, ist ungewiss. Eine durchgehende Waldkontinuität vom frühen Mittelalter bis in die Neuzeit bestand jedenfalls für große Teile der Struth nicht. Dies belegen die ausgedehnten mittelalterlichen Ackerterrassen, die bis in Lagen um 550 Meter über Meereshöhe das Waldgebiet durchziehen und die auch fast flächendeckend im Naturwaldreservat Zackenbruch erkennbar sind. Da die Schlackenplätze im Wald, wie oben beschrieben, noch bis zur Mitte des 13. Jahrhunderts angelegt wurden und für ihre Anlage das Vorhandensein von Wald Voraussetzung war, müssen die Ackerflächen später, wahrscheinlich im 13. und 14. Jahrhundert mit bzw. nach der Gründung der umliegenden Orte, entstanden sein. Mit dem Bevölkerungsrückgang in der Wüstungsphase des 14. und 15. Jahrhunderts ging eine Regeneration des Waldes und insbesondere des Buchenwaldes einher. Dabei ist anzunehmen, dass sich die buchenreichen Wälder vorwiegend in den ortsfremden und höheren Lagen etablierten, während in Ortsnähe Hauberge mit Birke und Eiche vorherrschten. Jedenfalls wird die Struth bereits 1598 als Hochwald („Hohegeweldt“) bezeichnet. Nicht genau bekannt ist, wann sie in landesherrlichen Besitz kam.

Allgemein dienten die vormals landesherrlichen Waldgebiete und heutigen Staatswälder bis in das 18. Jahrhundert hinein vor allem Jagdzwecken. Dies gilt auch für die Struth, die eines der wichtigsten herrschaftlichen Jagdgebiete war. Ab etwa 1740 setzten jedoch besondere An-



Von 1797 bis 1806 war Georg Ludwig Hartig fürstlich oranien-nassauischer Landforstmeister.

strengungen vonseiten des Landesherrn ein, die forstlichen Verhältnisse in den Staatswäldern zu verbessern. Hierzu gehörte auch die Ablösung von Nutzungsrechten der umliegenden Orte. So hatte beispielsweise Oberroßbach Weidrechte in der Struth. Nach langen, mindestens seit 1763 andauernden Streitigkeiten mit der Forstverwaltung über deren Ausmaß, wurden 1850 alle Servituten und Gerechtigkeiten Oberroßbachs in den herrschaftlichen Wäldern abgelöst und durch die Übertragung staatlicher Waldflächen an die Gemeinde entschädigt.

Mit dem Wirken des Oberforstmeisters Friedrich Ludwig von Witzleben (1755-1830) und seines Nachfolgers Georg Ludwig Hartig (1764-1837) war eine Abkehr vom Plenterbetrieb verbunden, bei dem die Bäume einzelstammweise genutzt wurden. Hartig führte den sogenannten „Dunkelschlag“ für Buchen- und Eichenwälder ein, bei dem zur Verjüngung anstehende Bestände schrittweise aufgeleuchtet werden, nachdem sich Baumjung-

wuchs unter dem Schirm der Altbäume etabliert hat. Zugleich bereiteten beide Forstleute den Weg für einen verstärkten Nadelholzanbau, der vor allem auf Blößen und im Bereich vorratsarmer Waldbestände realisiert wurde.

Friedrich Ludwig von Witzleben war in Wohlmirstedt (Sachsen-Anhalt) geboren worden. Ab 1779 trat er in oranien-nassauische Dienste in Dillenburg ein und wurde hier 1785 Oberforstmeister. Ab 1796 übernahm er die Forstverwaltung von Hessen-Kassel, die er bis zu seinem Tod leitete. Von Witzleben ist Verfasser mehrerer wichtiger Veröffentlichungen wie



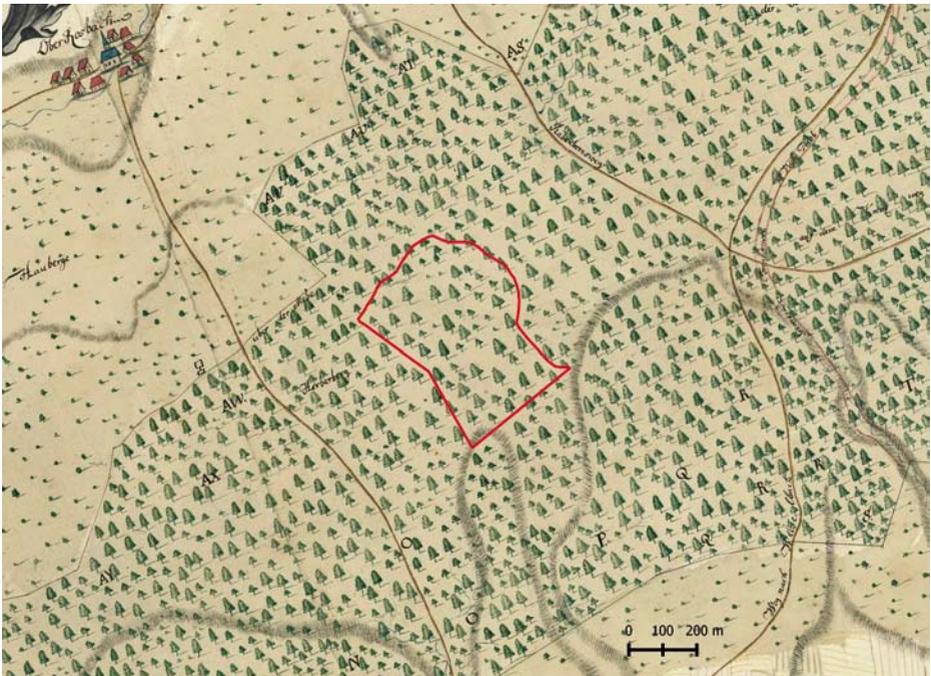
Im Jahre 1804 wurde die Struth von Georg Ludwig Hartig und Wilhelm Robert von Neufville (1777-1819) taxiert. Die „Systematische Beschreibung vom Frohnhäuber Forste“ mit Text- und Tabellenumfang von fast 600 Seiten ist im Hessischen Hauptstaatsarchiv Wiesbaden erhalten geblieben.

„Ueber die rechte Behandlung der Rothbuchen-Hoch- oder Saamen-Waldung“ (Erstauflage 1795), „Beyträge zur Holzcultur“ (1797) und „Abhandlung über einige noch nicht genug erkannte und beherzigte Ursachen des Holz mangels“ (1800).

Der im hessischen Gladenbach geborene und in Berlin gestorbene Georg Ludwig Hartig gilt als einer der wichtigsten Begründer eines Waldbaues auf wissenschaftlicher Grundlage. Von ihm stammen richtungweisende Werke wie „Anweisung zur Holzzucht für Förster“ (Erstauflage 1791), „Anweisung zur Taxation der Forste“ (Erstauflage 1795) oder „Lehrbuch für Förster und die es werden wollen“ (Erstauflage 1808). In Dillenburg wirkte er von 1797 bis 1806 als fürstlich oranien-nassauischer Oberforstrat und Landforstmeister wie auch als Mitglied der Berg- und

Hütten-Commission. Gleichzeitig war er hier Direktor eines von ihm bereits 1789 in Hungen gegründeten Forst-Lehr-Instituts. Hartig führte in Oranien-Nassau die Taxation und Beschreibung zahlreicher Waldgebiete nach der von ihm selbst entwickelten Methode durch, so auch 1804 in der Struth (Frohnhäuser Forst). Im Jahr darauf entwarf er eine Haubergsordnung, die bis 1887 Gültigkeit hatte und beispielsweise die Möglichkeit vorsah, „holzleere“ Haubergsteile mit Nadelholz zu besäen.

Sowohl durch die von Hartig 1804 vorgenommene Beschreibung als auch durch historische Karten lässt sich die Entwicklung der Bestockung in der Struth wie auch im heutigen Naturwaldreservat Zackenbruch bis in das 18. Jahrhundert gut zurückverfolgen. Eine sehr genaue Karte



Die Karte der Struth von 1757 zeigt die Umgebung des heutigen Naturwaldreservats als reines Laubwaldgebiet. An die herrschaftlichen Hochwälder grenzen die Hauberge der umliegenden Orte an.

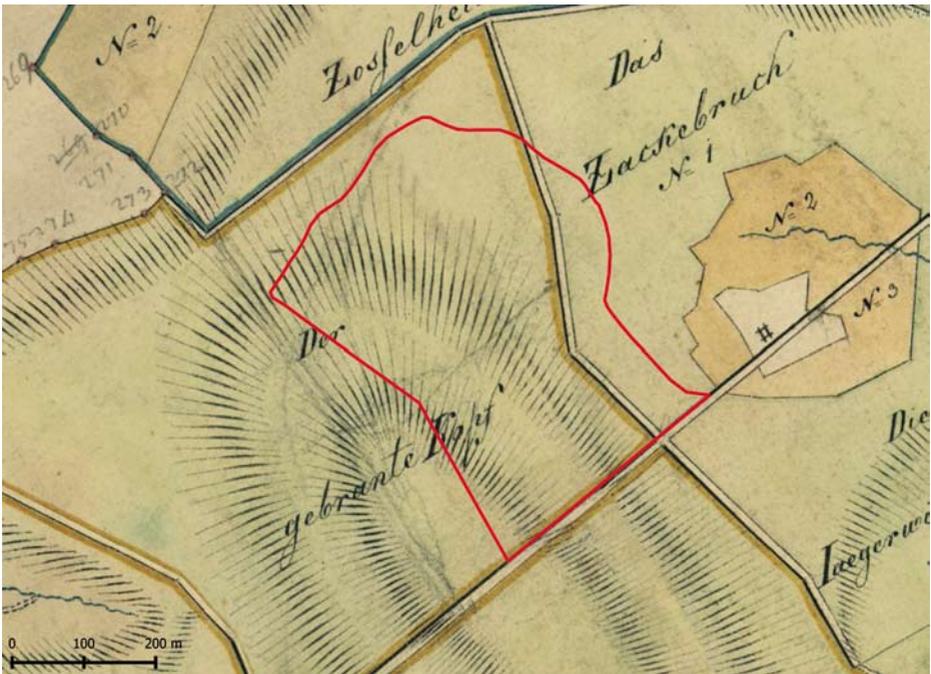


Die Forstkarte von 1787 zeigt eine Zunahme der inneren Waldeinteilung. Das heutige Naturwaldreservat liegt im Hauptort „Das Höfstück“.

wurde von Johann Heinrich von Pfau 1757 gezeichnet und trägt den Titel „*Accurater Plan von dem Herrschaftlichen Forste die Struth genant*“. Die Struth ist hier als fast reines Laubwaldgebiet dargestellt. Nur in kleineren Randbereichen ist bereits Nadelholzanbau erkennbar, jedoch nicht im Umfeld des heutigen Naturwaldreservats. Eine innere Waldeinteilung durch Wege und Schneisen ist noch nicht erkennbar; dargestellt sind lediglich die Verbindungswege zwischen den Dörfern. Der dreißig Jahre später entstandene „*Geometrische Grundriß von dem Herrschaftlichen Wald der Obern- und Mittel-Strutt*“, gezeichnet von Oberjäger Johann Wilhelm Hartmann in Frohnhausen, unterscheidet hingegen bereits 16 „Hauptorte“ in diesem Teil der Struth, die durch „*aufgehauene Schneissen*“ und Wege getrennt waren. Das heutige Naturwaldreservat gehörte

zum Hauptort „Das Höfstück“. Hier sind alte und junge Laubbäume in eher geringer Dichte dargestellt. Nadelholz kam im Umfeld des Gebietes noch nicht vor, doch existierte östlich des heutigen Reservats 1787 eine Wiese, die „Jägerwies“, während 1757 in der gesamten Struth noch keine Wiesen dargestellt waren.

Die Auerhahnhütte, eine Jagdhütte in der Struth, an der mehrere zur Zeit von Georg Ludwig Hartig angelegte Schneisen zusammentreffen, war am 3. Juni 1852 Ausgangspunkt einer Exkursion im Rahmen der Versammlung süddeutscher Forstwirte. Buchenhochwald herrschte zu dieser Zeit in der Struth vor, doch hatten die Bestände „*in mehreren Abtheilungen früher durch Viehweide und Streunutzungen, auch Ueberbauungen während der französischen Occupation sehr gelitten*“. Zentrale Themen der Exkursion waren die



Um 1850 entstandene Forstkarte. Der Name „Das Zackebruch“ bezieht sich wahrscheinlich ursprünglich auf das zu dieser Zeit mit Erlenwald und einer Wiese bedeckte Quellgebiet des Hundsbaches. Die graugrüne Farbe im heutigen Naturwaldreservat kennzeichnet Buchenbestände. Die östlich davon gelegenen Erlenbestände sind ockerfarben dargestellt.

Hiebsleitung und besonders die „Culturen zur Restauration des Holzbestandes“. Hier wurde – ohne klares Ergebnis – die bereits in der vorausgegangenen Versammlung diskutierte Frage vertieft, ob ein zeitweiser Feldbau auf Flächen, die auf natürlichem Wege nicht verjüngt werden können, die Risiken von Spätfrösten und zu starker Hitze verringern könnte. Von 114 Hektar besichtiger Kulturen waren 70 mit und 44 ohne zeitweisen Feldbau begründet worden. Die hierfür vorgesehenen Flächen in der Struth wurden von der Forstverwaltung versteigert. Durch Abbrennen der Krautschicht wurde der Oberboden der Flächen zur Aussaat vorbereitet. Anschließend konnte dann zwei Jahre lang Getreide, in der Regel Hafer, angebaut werden, der gleichzeitig mit den Bucheckern ausgesät

wurde. Die Ernte musste mit der Sichel durchgeführt werden, um die Buchenverjüngung nicht zu gefährden. Ein solches Verfahren wird bereits 1791 von Georg Ludwig Hartig in Lehrbuch „Anweisung zur Holzzucht für Förster“ empfohlen. Aus der Zeit um 1800 sind viele Gesuche von Bewohnern der umliegenden Dörfer, aber auch von den zuständigen Forstbeamten wie dem Amtsjäger Hartmann in Frohnhausen überliefert, Blößen für die Getreidesaat pachten zu dürfen.

Der Bereich des heutigen Naturwaldreservats wird auf Forstkarten des 19. Jahrhunderts ganz überwiegend dem Distrikt „Der gebrante Kopf“ zugerechnet. Der Forstort „Das Zackebruch“ lag östlich angrenzend. Erst später wurde dieser Flurname auch auf die Fläche des heutigen



Das heutige Naturwaldreservat „Zackenbruch“ mit etwa dreißigjährigen Fichtenbeständen im Jahr 1939

Naturwaldreservats angewandt. Dies zu wissen ist wichtig, wenn man die Forstbeschreibung von 1804 auswerten will. In diesem Werk sind die Waldbestände des heutigen Naturwaldreservats unter der Beschreibung des Distrikts „Der gebrandete Kopf“ zu finden. Hier heißt es: „Der sämtliche Holzboden ist mit Buchen und Eichen bestanden. ... Der Boden ist im Durchschnitt genommen mittelmäßig. Der Bestand sind Buchen und Eichen von 1 bis 15 Jahren, in welchen Buchen von 90 bis 150 Jahren, und theils anbrüchige, theils gesunde alte Eichen im Abtriebs-

Schlage stehen.“ Die Planung sah vor, Buchenwald im 120-jährigen Umtrieb zu bewirtschaften. Dies spiegelt sich auch in der um 1850 von A. Stahl gezeichneten „Karte von der Struth in der Oberförsterei Dillenburg unter der Forstmeisterei Dillenburg“ wider, die nach einer handschriftlichen Randnotiz mit Bezug zur „Hartigischen Forstbeschreibung“ entstand.

Auf der Karte ist eine weitere Zunahme der inneren Waldeinteilung erkennbar. Die Baumarten sind durch Farben gekennzeichnet wie auch die Periode, in der ein Bestand zur Abnutzung bestimmt ist. Im heutigen Naturwaldreservat ist Buchenwald eingezeichnet, der in der vierten Periode genutzt werden sollte. Dabei umfasste eine Periode hier 30 Jahre. Im Wesentlichen ist diese Planung dann auch zur Umsetzung gekommen. Nach Nutzung der Altbuchen erfolgte im größten Teil des heutigen Naturwaldreservats 1908/1909 eine Umwandlung in den heute noch bestehenden Fichtenbestand.

Kurzcharakteristik des Naturwaldreservats

Größe	19 ha
geographische Lage	etwa 1 km südöstlich von Haiger-Oberroßbach
Höhenlage	500 bis 550 Meter über Meereshöhe
Naturraum	Dilltal (Struth)
Geologie	Devon (Tonschiefer, Grauwacke)
Böden	Braunerde
Klima	mäßig subatlantisch, submontan
Waldbestand	Fichtenwald
Vegetationstyp	bodensaurer Fichtenwald als Ersatzgesellschaft des Hainsimsen-Buchenwaldes

Waldstruktur

In den Jahren 1995 und 2015 wurde die Waldstruktur im Naturwaldreservat Zackenbruch auf 18 Probekreisen mit einer Flächengröße von 1.000 m² erfasst. Diese permanenten Stichprobenflächen sind in einem 100 x 100 m Raster systematisch über den Waldbestand verteilt und schließen auch die Aufnahmeflächen für die Erfassung der Vegetation ein.

Der relativ homogen aufgebaute Fichtenbestand des Naturwaldreservats Zackenbruchs ist 96 bis 109 Jahre alt (Stichjahr 2017) und weist geringe Anteile von Europäischer Lärche, Douglasie, Eberesche und Sand-Birke auf.

Im 20-jährigen Beobachtungszeitraum ist eine Abnahme der Baumzahl im lebenden Derbholzbestand (Bäume ≥ 7 cm Brusthöhendurchmesser) festzustellen. Diese resultiert in erster Linie aus Störungen durch Borkenkäferbefall und Windwurf (z. B. Kyrill 2007).

Auf Infrarot-Luftbildern aus den Jahren 2005 und 2015 sind die durch Borkenkäferbefall abgestorbenen Fichten anhand

ihrer grau-grünlichen Färbung sowie die in der Folge entstandenen Freiflächen erkennbar. Bemerkenswert ist, dass sich die Waldstruktur des Naturwaldreservats weniger stark verändert hat als diejenige der angrenzenden Bestände. Vor der Ausweisung des Gebietes war ein flächenhaftes Absterben durch Windwurf und Borkenkäferbefall erwartet worden. Anfänglich entstandene Befallsherde des Borkenkäfers haben sich jedoch zunächst nicht ausgeweitet. Ausgehend von Windwürfen am nordwestlichen und südwestlichen Rand des Naturwaldreservats schreitet der Borkenkäferbefall allerdings in den letzten Jahren stark voran.

Trotz der Störungen hat sich der Holzvorrat des lebenden Derbholzbestandes im Untersuchungszeitraum um durchschnittlich 78 m³ je Hektar auf 624 m³ je Hektar erhöht. Diese Nettoveränderung kommt durch zwei gegenläufige Prozesse zustande: Einem laufenden jährlichen Zuwachs des Baumbestandes von 9,7 m³ je Hektar im Mittel steht das Absterben von jährlich 10 Bäumen gegenüber. Ohne Windwürfe und Borkenkäferbefall hätte sich der Holz-



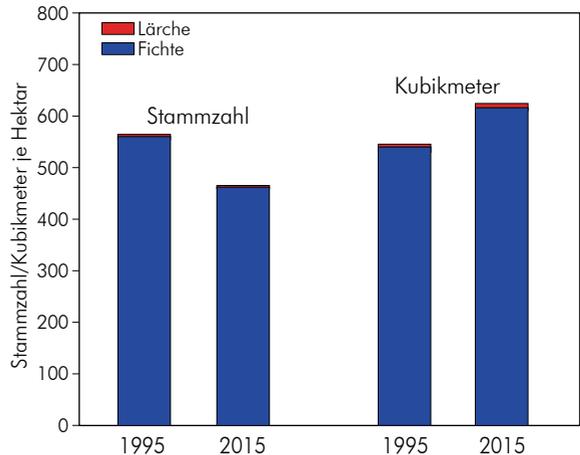
Borkenkäfer-Stehendbefall im nordwestlichen Bereich des Naturwaldreservats



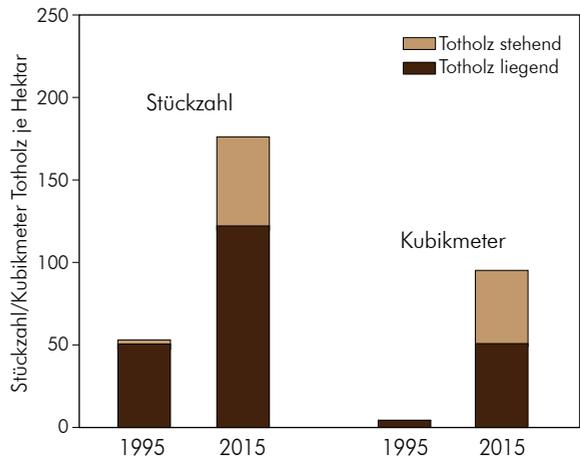
Color-Infrarot-Luftbilder des Naturwaldreservats Zackenbruch aus den Jahren 2005 (oben) und 2015

vorrat vermutlich um 194 m^3 je Hektar und damit auf 740 m^3 je Hektar erhöht. Der erhebliche Anstieg der Totholzmenge (liegend $\geq 20 \text{ cm}$, stehend $\geq 7 \text{ cm}$ Durchmesser) von 1995 bis 2015 auf knapp 100 m^3 je Hektar geht im Wesentlichen auf die Störungen zurück. Im Vergleich zu Buchenwäldern fällt der große Anteil stehenden Totholzes auf, der durch Stehendbefall von Fichten durch Borkenkäfer verursacht wurde. In der Verjüngungsschicht (Gehölze $< 7 \text{ cm}$ Brusthöhdurchmesser außer Keimlingen) ist zwischen 1995 und 2015 ein deutlicher Rückgang der Pflanzenzahlen festzustellen. Diese Entwicklung geht vor allem auf Pflanzen unter $1,3 \text{ m}$ Höhe zurück. In dieser Höhenschicht sind große Fluktuationen aus verschiedenen Gründen typisch. So kann es nach Samenjahren zu einem Massenaufkommen von Jungpflanzen kommen, die sich jedoch nicht dauerhaft in einem geschlossenen Waldbestand halten können. Pflanzen geringer Höhe sind zudem in starkem Maß dem Wildverbiss ausgesetzt. Weiterhin findet in einem dichten Bestand junger Bäumchen eine starke Selbstausdünnung durch Konkurrenz statt. Aussagekräftiger als die Veränderung der gesamten Pflanzenzahl je Hektar ist daher die Betrachtung nach Höhenklassen und Arten. Offenbar waren im Jahr 1995 zahlreiche Fichten-Jungpflanzen unter 3 m Höhe vorhanden, von denen ein Teil in die

oberste Höhenklasse $> 3 \text{ m}$ bzw. in den Derbholzbestand eingewachsen ist. Diese Verjüngungswelle ebte im Untersuchungszeitraum anscheinend ab, sodass die Höhenklasse zwischen $1,3$ und 3 m nicht mehr aufgefüllt wurde. Erst die jüngeren Störungen haben zu einer erneut einsetzenden Verjüngung geführt. Dies zeigt sich auch an dem erstmaligen Auf-



Entwicklung der Stammzahl und des Holzvolumens des lebenden Derbholzbestandes von 1995 bis 2015



Entwicklung von Stückzahl und Volumen des stehenden und liegenden Totholzes von 1995 bis 2015 (ohne Berücksichtigung von Stubben)

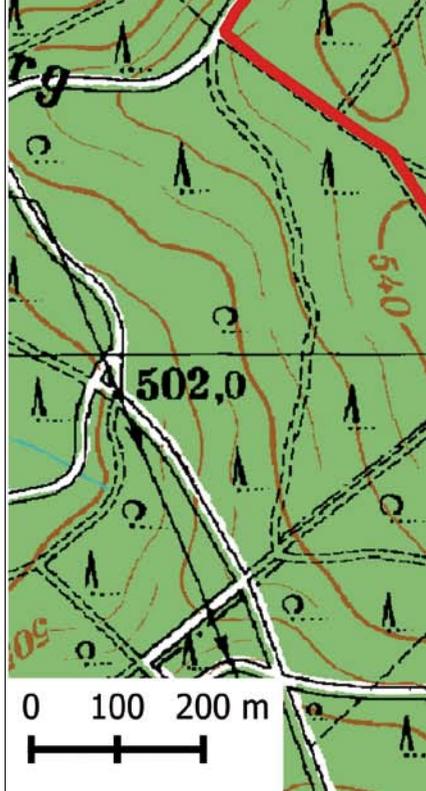
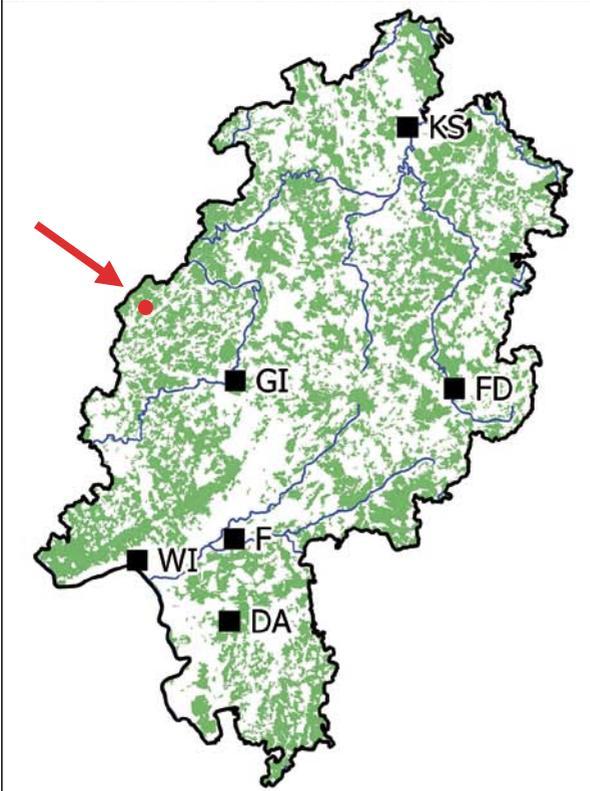
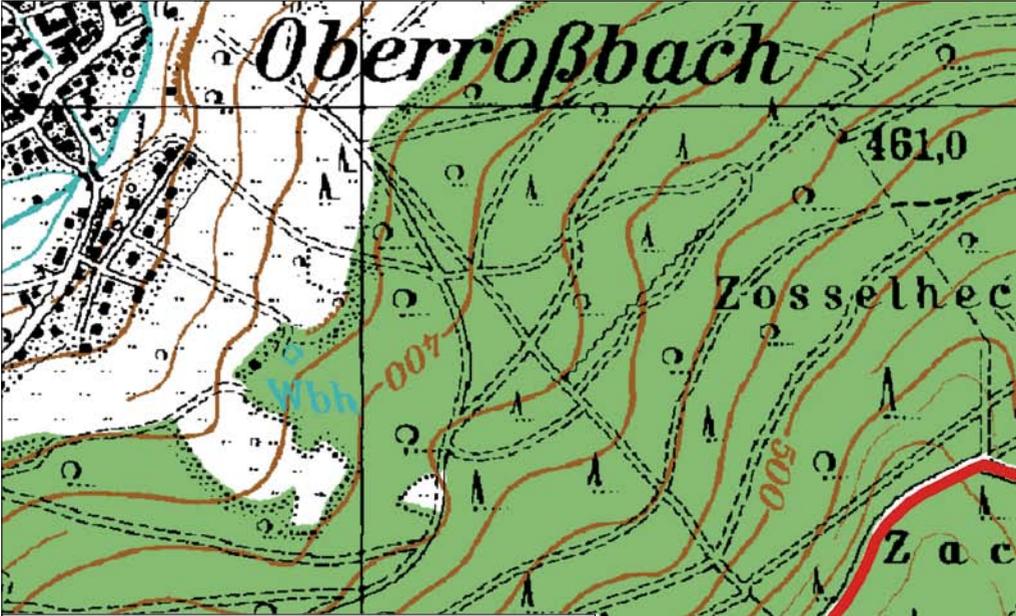
treten der Sand-Birke in der Verjüngungsschicht. Andere Baumarten spielen bisher keine nennenswerte Rolle. Vermutlich verhindert der Verbiss des Schalenwildes das weitere Aufkommen der Eberesche. Dass die Rotbuche in der Verjüngung bisher nicht messbar auftritt, liegt wohl an der Kombination von Wildverbiss und der sehr geringen Zahl an Samenbäumen. Zudem ist es möglich, dass das 100 x 100 m-Raster der Probekreise in dem relativ kleinen Naturwaldreservat den Flächenanteil gestörter Bestandesbereiche nicht ausreichend abbildet.

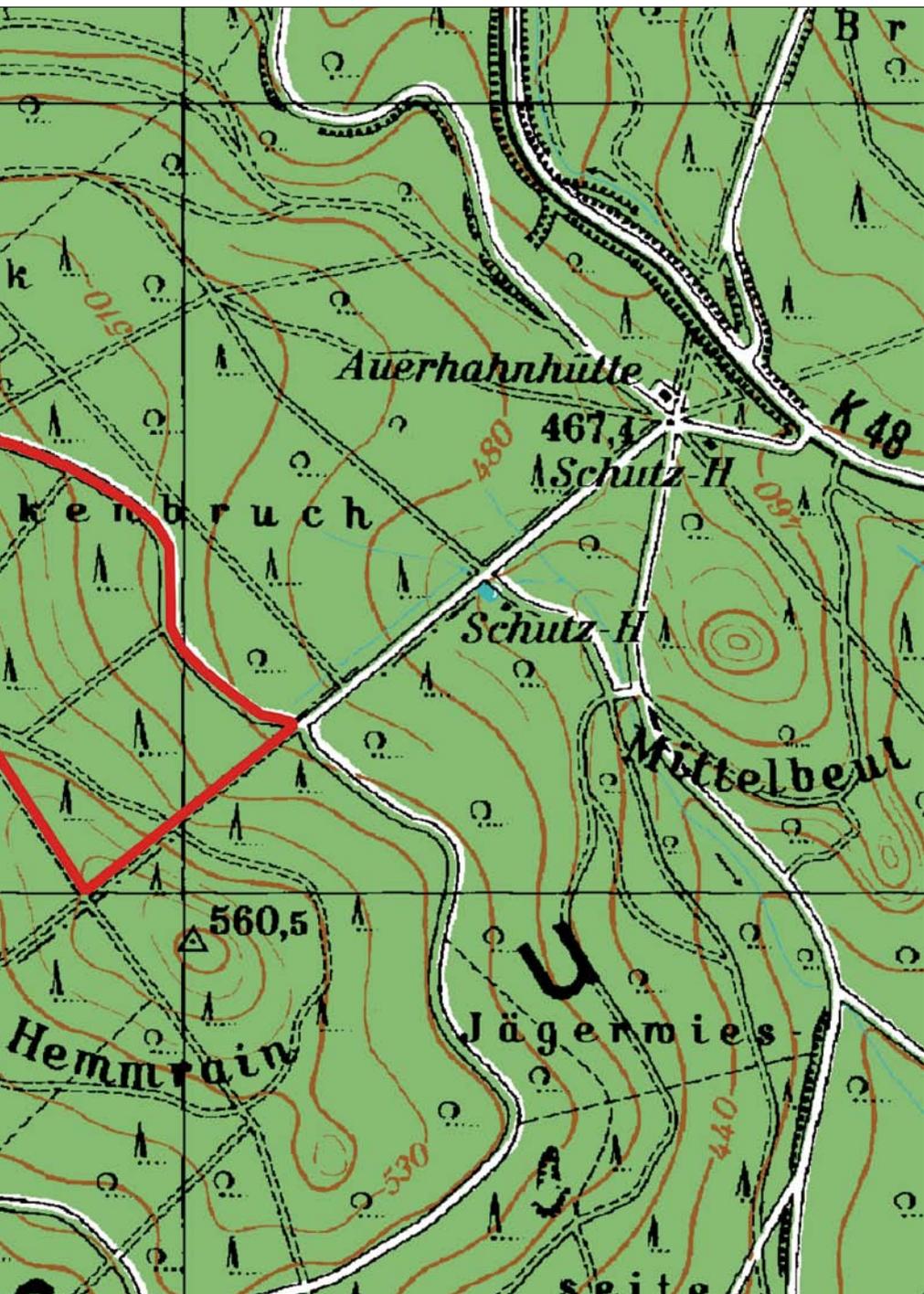
Die zukünftige Beobachtung wird zeigen, wie ein relativ homogener, nach forstwirtschaftlichen Maßstäben in Endnutzung stehender Fichtenbestand auf die eintretenden Störungen, insbesondere auch im Hinblick auf sein Verjüngungspotenzial,

reagiert. Von besonderem Interesse sind das raum-zeitliche Muster der Störungen und die Bedeutung der verschiedenen Baumarten in der künftigen Waldgeneration. Wird die Fichte auch den Folgebestand dominieren oder gelingt es der potenziell natürlichen Hauptbaumart Buche ihre herrschende Stellung zurückzuerobern? Schon heute lässt sich festhalten, dass selbst ein älterer Fichten-Reinbestand in exponierter Lage auch ohne forstliche Eingriffe erstaunlich lange stabil bleiben kann. Zudem zeigen die Ergebnisse, dass sich Störungsflächen nicht zwangsläufig ausweiten, sondern sich die Ränder durchaus stabilisieren können und es so auch in einem Fichten-Reinbestand zu einer mosaikartigen Differenzierung eines homogenen Ausgangsbestandes kommen kann.

Entwicklung der Naturverjüngung im Naturwaldreservat Zackenbruch zwischen 1995 und 2015

Baumart	Aufnahmejahr und Differenz	Höhenklasse			Summe [N/ha]
		<1,3 m [N/ha]	1,3 - 3,0 m [N/ha]	>3,0 m [N/ha]	
Fichte	2015	8467	0	111	8578
	Diff. zu 1995	-6933	-667	+89	-7511
Sand-Birke	2015	1378	422	44	1844
	Diff. zu 1995	+1378	+422	+44	+1844
Eberesche	2015	556	0	0	556
	Diff. zu 1995	-178	0	0	-178
Douglasie	2015	44	0	0	44
	Diff. zu 1995	-22	0	0	-22
Buche	2015	0	0	0	0
	Diff. zu 1995	-22	0	0	-22
andere Laubbäume	2015	89	0	0	89
	Diff. zu 1995	+89	0	0	+89
Summe	2015	10533	422	156	11111
	Diff. zu 1995	-5689	-244	+133	-5800





Bodenvegetation

Von Natur aus wäre das Naturwaldreservat Zackenbruch überwiegend mit Hainsimsen-Buchenwald bedeckt. Dieser Waldtyp war bis zur Umwandlung in einen Fichtenbestand am Anfang des 20. Jahrhunderts auch ausgebildet und ist in der unmittelbaren Umgebung des Gebietes erhalten geblieben. Im Bereich natürlicher Nassstandorte, die zum Quellgebiet des Hundsbachs gehören, wären von Natur aus sehr kleinflächig Feuchtwälder mit Schwarz-Erle zu finden. Diese Standorte sind jedoch durch alte Entwässerungsgräben beeinträchtigt und in ihrer Artenzusammensetzung verändert worden. Auch hier dominiert heute die Fichte.

Auf den insgesamt 18 im 100 x 100 m-Raster angeordneten Probeflächen mit einer Größe von 100 m² wurde die Vegetation nach dem in Hessen üblichen Verfahren 2016 erstmalig erfasst. Hauptbaumart in den Aufnahmeflächen

ist durchgehend die Fichte (*Picea abies*), die in den einschichtigen Beständen einen mittleren Deckungsgrad von 23 % (maximal 45 %) erreicht. Eine Strauchschicht, gebildet aus dem Jungwuchs von Fichte, Sand-Birke (*Betula pendula*), Europäischer Lärche (*Larix decidua*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) ist nur an wenigen Aufnahmepunkten und mit geringem Deckungsgrad (maximal 15 %) ausgebildet. Mit im Durchschnitt sechs Prozent Gesamtdeckung (maximal 30 %) erreicht die Krautschicht ebenfalls keine hohen Deckungswerte. Anders verhält es sich bei der Moosschicht, die im Mittel 39 % (maximal 80 %) und damit insgesamt eine hohe Deckung aufweist.

Wichtigste Arten der Krautschicht sind Draht-Schmiele (*Deschampsia flexuosa*), Roter Fingerhut (*Digitalis purpurea*), Breitblättriger und Gewöhnlicher Dornfarn (*Dryopteris dilatata*, *D. carthusiana*), Schmalblättriges Weidenröschen (*Epilobi-*



In großen Teilen des Naturwaldreservats Zackenbruch ist die Krautschicht-Deckung gering.



Der Wald-Sauerklee wird in Fichtenwäldern durch Kalkungsmaßnahmen gefördert.

um *angustifolium*), Harzer Labkraut (*Galium saxatile*), Weißliche Hainsimse (*Luzula luzuloides*), Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*). Auch Jungwuchs der Baumarten Fichte und Eberesche sowie der Sträucher Faulbaum (*Frangula alnus*) und Himbeere (*Rubus idaeus*) ist häufig in der Krautschicht vertreten. Die verbreitetsten

Moosarten sind Haartragendes Spitzblattmoos (*Cirriphyllum piliferum*), Sicheliges Kleingabelzahnmoos (*Dicranella heteromalla*), Gewöhnliches Gabelzahnmoos (*Dicranum scoparium*), Zypressenförmiges Schlafmoos (*Hypnum cupressiforme*), Zweizähniges und Verschiedenblättriges Kammkelchmoos (*Lophocolea bidentata*, *L. eterophylla*), Schwanenhals-Sternmoos (*Mnium hornum*), Krummblättriges Schiefbüchsenmoos (*Plagiothecium laetum* var. *curvifolium*), Schönes Frauenhaarmoos (*Polytrichum formosum*) und Tamariskenmoos (*Thuidium tamariscinum*).

Die Artenzusammensetzung der Kraut- und Mooschicht im Fichtenbestand des Naturwaldreservats Zackenbruch unterscheidet sich deutlich von derjenigen in den benachbarten Buchenbeständen. Bedingt durch forstliche Auflichtungen sowie durch Windwurf und Borkenkäferbefall ist der seit gut zwei Jahrzehnten unbewirtschaftete Fichten-Altbestand stellenweise



Im Umfeld von Windwurf-Tellern können sich Störungszeiger wie der Rote Fingerhut etablieren.

stark aufgelichtet. Hierdurch wurden säuretolerante Halblichtarten wie das Harzer Labkraut gefördert, die in Buchenwäldern weitgehend fehlen. Störungszeiger wie Roter Fingerhut, Schmalblättriges Weidenröschen und Himbeere kommen auch in Buchenwäldern nur nach stärkerer Auflichtung vor.

Wie aus Untersuchungen im Rahmen der Zweiten Bodenzustandserhebung im Wald bekannt ist, wird der Wald-Sauerklee in bodensauren Fichtenwäldern durch Kalkungsmaßnahmen gefördert. Im Naturwaldreservat Zackenbruch kommt er in allen Aufnahmeflächen vor und erreicht Deckungsgrade von bis zu 30 %. Dies kann als Indiz für die anhaltende Auswirkung der 1993 durchgeführten Bodenschutzkalkung auf die Pflanzenartenzusammensetzung gelten. Inwieweit

das Vorkommen oder der Deckungsgrad weiterer Gefäßpflanzen- oder Moosarten durch die Kalkungsmaßnahme beeinflusst wurde, ist schwer zu beurteilen.

Die fast flächendeckend geschlossene Nadelstreuaufgabe bietet Moosen sehr gute Ansiedlungsmöglichkeiten. In Buchenwäldern sind bodenbewohnende Moose hingegen nur an wenigen laubfreien Stellen auf dem Waldboden oder im Bereich von Windwurfstellern zu finden. Gründe dafür, dass Gehölze in der Strauch- und Krautschicht eine vergleichsweise geringe Rolle spielen, wurden bereits im vorausgegangenen Kapitel diskutiert.

Eine Reihe von feuchtezeigenden Pflanzenarten wie Kriechender Günsel (*Ajuga reptans*), Sumpf-Wasserstern (*Callitriche palustris*), Winkel-Segge (*Carex remota*), Gegenblättriges Milzkraut (*Chrysosplen-*



Quellbereiche zeichnen sich im Naturwaldreservat Zackenbruch durch die höchste Gefäßpflanzen-Artenzahl aus.



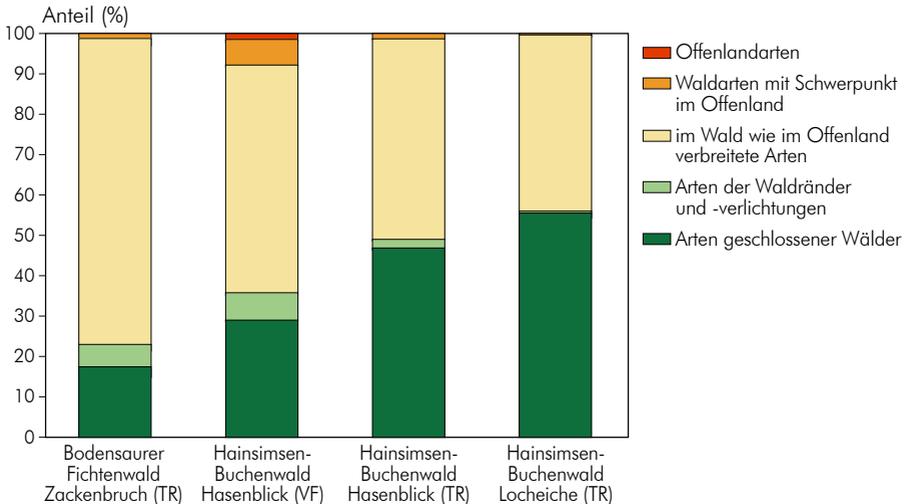
Sumpf-Wasserstern am Rand eines Quellstandortes im Zackenbruch

um oppositifolium), Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*) und Sumpf-Helmkraut (*Scutellaria galericulata*) tritt nur im Umfeld der Quellstandorte auf, wo mit 20 Arten auf 100 m² die insgesamt höchste Gefäßpflanzen-Artenzahl im Gebiet festgestellt wurde.

Die Buchen-Naturwaldreservate Locheiche (Nationalpark Kellerwald-Edersee)

und Hasenblick (Forstamt Frankenberg) liegen wie das Naturwaldreservat Zackenbruch auf bodensauren Tonschiefer- und Grauwackestandorten und wurden nach gleicher Methodik untersucht. Im Vergleich der Vegetation der drei Gebiete zeigen sich deutliche Unterschiede in Bezug auf die Deckungsgrade der Schichten sowie die Artenzahlen.

So weisen die beiden unbewirtschafteten Buchenwälder im Hasenblick und in der Locheiche hohe mittlere Baumschicht-Deckungsgrade von 84 bzw. 89 % auf, während im Zackenbruch ein Mittelwert von nur 23 % erreicht wird. Die bewirtschaftete Vergleichsfläche des Naturwaldreservats Hasenblick, deren Waldbestand sich in der Endnutzung befindet, nimmt mit durchschnittlich 38 % Baumschicht-Deckung eine vermittelnde Stellung ein. Dieser Bestand weist infolge der Auflichtung mit 50 % auch den höchsten mittleren Strauchschicht-Deckungsgrad auf, der fast ausschließlich durch die Buchen-



Prozentualer Anteil der Waldartengruppen (Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten) in den Fichtenbeständen des Naturwaldreservats Zackenbruch sowie in den Buchenbeständen der Naturwaldreservate Hasenblick und Locheiche.

TR – unbewirtschaftetes Totalreservat, VF – bewirtschaftete Vergleichsfläche

Mittlere Deckungsgrade der Schichten und mittlere Artenzahlen in Vegetationsaufnahmen aus den Fichtenbeständen des Naturwaldreservats Zackenbruch sowie den Buchenbeständen in den Gebieten Hasenblick und Locheiche, gewichtet mit deren Stetigkeit. TR – unbewirtschaftetes Totalreservat, VF – bewirtschaftete Vergleichsfläche

Naturwald-reservat	Deckung Baum-schicht [%]	Deckung Strauch-schicht [%]	Deckung Kraut-schicht [%]	Deckung Moos-schicht [%]	Artenzahl Gefäß-pflanzen	Artenzahl Moose
Zackenbruch (TR)	23	2	6	39	11	7
Hasenblick (VF)	38	50	3	1	13	3
Hasenblick (TR)	84	5	3	0	4	1
Locheiche (TR)	89	0	1	0	3	2

naturverjüngung bestimmt wird. In den anderen betrachteten Flächen liegt die mittlere Strauchschicht-Deckung zwischen null und fünf Prozent. Bei den mittleren Kraut- und Moosschicht-Deckungsgraden ergibt sich eine absteigende Reihe vom Naturwaldreservat Zackenbruch über die Vergleichsfläche Hasenblick und das Naturwaldreservat Hasenblick zum Na-

turwaldreservat Locheiche. Während sich bei der Krautschicht die Abstufung der Mittelwerte zwischen einem und sechs Prozent bewegt, fallen bei der Moos-schicht die Unterschiede wesentlich deutlicher aus. Hier ragt das Naturwaldreservat Zackenbruch mit einem Mittelwert von 39 % deutlich gegenüber den drei vergli-

chenen Buchenwäldern heraus, in denen die mittlere Deckung bei einem Prozent oder darunter liegt. Die Gefäßpflanzen-Artenzahl ist in den Beständen der Vergleichsfläche Hasenblick mit dreizehn Arten am höchsten, doch ist der Unterschied zu der im Zackenbruch ermittelten (elf Arten) gering. Die unbewirtschafteten Waldbestände der Naturwaldreservate Hasenblick und Locheiche weisen im Mittel nur vier bzw. drei Gefäßpflanz-



Nach Borkenkäferbefall ist das Kronendach der Fichtenbestände im Naturwaldreservat Zackenbruch teilweise stärker aufgelichtet.

zenarten je Aufnahme­fläche auf. Wie bereits oben beschrieben ist die Moosarten­zahl mit durchschnittlich sieben Arten pro Aufnahme­fläche im Fichtenwald des Naturwaldreservats Zackenbruch mehr als doppelt so hoch wie in den betrachteten Buchenbeständen, wo im Mittel zwischen einer und drei Moosarten vorkommen.

Auch in Bezug auf den Grad der Wald­bindung der vorkommenden Farn-, Blütenpflanzen-, Moos- und Flechtenarten unterscheiden sich die betrachteten Waldbestände. So machen Pflanzen, die im Wald wie im Offenland vorkommen, in den Fichtenbeständen des Naturwaldreservats Zackenbruch rund drei Viertel des Artenbestandes aus, während in den verglichenen Buchenbeständen Werte um 50 % erreicht werden. Arten geschlossener Wälder hingegen sind im Naturwaldreser-

vat Zackenbruch mit einem Anteil von weniger als einem Fünftel vertreten und erreichen in den betrachteten Buchenwäldern deutlich höhere Anteile von bis zu der Hälfte. Nur im Naturwaldreservat Zackenbruch und in der Vergleichsfläche des Naturwaldreservats Hasenblick sind Arten der Waldränder und -verlichtungen mit einem Anteil von sechs bzw. sieben Prozent nennenswert vertreten. Waldarten mit Schwerpunkt im Offenland sowie reine Offenlandarten spielen mit einem Anteil von zusammen sieben Prozent nur in der bewirtschafteten Vergleichsfläche des

Naturwaldreservats Hasenblick eine Rolle, wo sie durch Auflichtung und Bodenstörungen gefördert wurden.

Die Frage, inwieweit neben den aktuellen ökologischen Gegebenheiten auch die Nutzungsgeschichte der untersuchten Naturwaldreservate die Artenzusammensetzung und Anteile der Waldartengruppen noch immer mitbestimmt, ist nicht zu beantworten. Bekannt ist jedenfalls, dass alle drei betrachteten Naturwaldreservate im Mittelalter nahezu vollständig entwaldet waren und als Ackerfläche dienten. Ob der für die Struth beschriebene temporäre Waldfeldbau, bei dem die Pflanzen­decke zuvor abgebrannt wurde, auch im heutigen Naturwaldreservat Zackenbruch durchgeführt worden ist und möglicherweise die heutige Artenzusammensetzung beeinflusst hat, ist hingegen unbekannt.



Draht-Schmiele und Weißliche Hainsimse (im Vordergrund) sind die häufigsten Gräser im Naturwaldreservat Zackenbruch.

Moose

Die Moosflora des Naturwaldreservats Zackenbruch wurde 1995 in Probekreisen mit einem 20-Meter-Radius (1.257 m²) systematisch erfasst. Dabei wurden insgesamt 33 Arten gefunden, von denen 23 vorwiegend oder ausschließlich bodenbewohnend waren. Die restlichen zehn Arten kamen nur oder überwiegend auf Totholz vor. Von den im Rahmen der Vegetationserfassung 2016 in den 100 m² großen Aufnahmeflächen gefundenen 27 bodenbewohnenden Moosarten waren 21 bereits 1995 nachgewiesen worden. Bodenbewohnende Moosarten, die zu beiden Aufnahmezeitpunkten häufig vertreten waren, sind Sicheliges Kleingabelzahnmoos (*Dicranella heteromalla*), Gewöhnliches Gabelzahnmoos (*Dicranum scoparium*), Zweizähniges Kammkelchmoos (*Lophocolea bidentata*), Schwanenhals-Sternmoos (*Mnium hornum*), Krummblättriges



Das Gewöhnliche Gabelzahnmoos (*Dicranum scoparium*) gehört zu den häufigsten bodenbewohnenden Moosen im Zackenbruch.

Schiefbüchsenmoos (*Plagiothecium laetum* var. *curvifolium*) und Schönes Frauenhaarmoos (*Polytrichum formosum*).

Ein Vergleich der mittleren Zeigerwerte für Licht, Feuchte, Bodenreaktion und Stickstoff pro Aufnahmefläche ergab für die Licht-, Reaktions- und Stickstoffzahl jeweils deutliche Veränderungen zwischen den beiden Aufnahmejahren 1995 und 2016.



Das Schwanenhals-Sternmoos (*Mnium hornum*) ist im Zackenbruch weit verbreitet.

Bei der Feuchtezahl konnte hingegen kein Unterschied festgestellt werden.

Zwar ist bei der Lichtzahl der Median nahezu gleich geblieben, doch war die Streuung bei der Zweiterfassung 2016 wesentlich größer. Dies ist als Ausdruck einer größeren Heterogenität des Lichtangebotes am Waldboden zu interpretieren. Neben geschlossenen Fichtenbeständen existierten im Naturwaldreservat 2016 weitaus mehr störungsbedingt stark aufgelichtete Bereiche als 1995.

Bei der mittleren Reaktionszahl gab es im Zeitraum von rund 20 Jahren zwischen den beiden Aufnahmetermen eine deutliche Verschiebung des Medians um eine halbe Zeigerwertstufe von 2,8 auf 3,3. Darüber hinaus ist die Streuung der mittleren Zeigerwerte für die Bodenreaktion bei der Zweitaufnahme wesentlich größer geworden.

Bei den mittleren Stickstoffzeigerwerten hat bei einer insgesamt breiten Streuung eine Verschiebung der Mittelwerte nach oben stattgefunden. Dies deutet auf eine bessere Stickstoffversorgung des Oberbodens vieler Aufnahmeflächen gegenüber 1995 hin.



Das Haartragende Spitzblattmoos (*Cirriphyllum piliferum*) gilt als Anzeiger für eine gute Basen- und Stickstoffversorgung. Die Art wurde 1995 bei der Ersterfassung der Moose nicht gefunden, ist jedoch heute im Zackenbruch nicht selten.

Als Hauptgrund für die Veränderungen der Reaktions- und Stickstoffzahl kommen in erster Linie die Wirkungen anthropogener Stoffeinträge infrage. Hierzu zählen Schwefel- und Stickstoffimmissionen sowie die 1993 durchgeführte Bodenschutzzalkung. So hat in Hessen nach Ergebnissen des forstlichen Umweltmonitorings seit Mitte der 1980er Jahre ein sehr deutlicher Rückgang der hohen Säurebelastung von Buchenwäldern durch Schwefeleintrag stattgefunden. Hauptgrund hierfür ist die konsequente Umsetzung von Luftreinhaltemaßnahmen.

Im gleichen Zeitraum ist der Stickstoffeintrag (Nitrat- und Ammoniumstickstoff) in hessische Buchenwälder zunächst noch angestiegen und zeigt erst in den letzten zehn Jahren eine leichte Rückgangstendenz. Trotz der Bemühungen, die Stickstoffemissionen aus Straßenverkehr, Industrie und Landwirtschaft zu reduzieren, übersteigt der Eintrag noch immer bei weitem den Bedarf der Wälder für das Pflanzenwachstum.

Neben den Stoffeinträgen können sich auf Teilflächen des Naturwaldreservats auch die Störungen durch Borkenkäfer und Windwurf auf den Stickstoffhaushalt der Böden auswirken. So fördert das gestiegene Wärmeangebot nach einer Auflichtung der Baumschicht die Stickstoffmineralisierung und führt zu einer besseren Stickstoffversorgung des Oberbodens.

Zeigerarten für eine geringe Nährstoff- und Basenversorgung, die 1995 noch im Naturwaldreservat Zackenbruch in den Aufnahmen nachgewiesen wurden, aber heute fehlen, sind das Gewöhnliche Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) und das Nickende Pohlmoos (*Pohlia nutans*). Neu aufgetreten sind hingegen Arten wie das Kleine Schönschnabelmoos (*Eurhynchium hians*) und das Haartragende

Spitzblattmoos (*Cirriphyllum piliferum*), die als Basen- und Stickstoffzeiger gelten können.

Da bei der Ersterfassung 1995 sowohl Boden- als auch Totholzmoose in den Probekreisen aufgenommen wurden, lässt sich der Beitrag des Fichten-Totholzes zur Moosartenvielfalt näher bestimmen. Es zeigt sich, dass vorwiegend bodenbewohnende Moose im Mittel 55 % des Artenspektrums ausmachten. Ihr minimaler Anteil lag bei einem Drittel (33 %), der maximale bei 93 % der in den Probekreisen gefundenen Arten. Überwiegend totholzbewohnende Moose hatten hingegen einen durchschnittlichen Anteil von 45 % bei einem Maximalanteil von zwei Dritteln (67 %) und einem Minimalanteil von sieben Prozent. Bemerkenswert ist, dass einzelne Arten bei der Ersterfassung

weitgehend auf Totholz beschränkt waren und heute auch auf dem Waldboden weit verbreitet sind. Hierzu gehören beispielsweise das Zypressen-Schlafmoos (*Hypnum cupressiforme*) und das Verschiedenblättrige Kammkelchmoos (*Lophocolea heterophylla*).

In Bezug auf den Grad der Waldbindung der zu beiden Aufnahmezeitpunkten erfassten Moosarten haben sich zwischen 1995 und 2016 nahezu keine Veränderungen ergeben. In beiden Aufnahmejahren machten die Moosarten, die im Wald wie im Offenland vorkommen, etwa drei Viertel des Artenspektrums aus. Eng an geschlossenen Wald gebundene Arten hatten jeweils einen Anteil von rund einem Fünftel, während Waldarten mit Schwerpunkt im Offenland zu beiden Zeitpunkten einen Anteil von drei Prozent ausmachten.



Das Verschiedenblättrige Kammkelchmoos (*Lophocolea heterophylla*) gehört zu den Moosarten, die bei der Erstaufnahme vorwiegend auf Totholz vorkamen, heute jedoch auch häufig bodenbewohnend sind.

Genetisches Monitoring an Fichten

Die Erhaltung der biologischen Vielfalt umfasst nicht nur verschiedene Ökosysteme und darin vorkommende Arten, sondern auch die innerartliche genetische Vielfalt. Genetische Variation im Erbgut ist eine wesentliche Voraussetzung für Anpassungsprozesse an sich ändernde Umweltbedingungen.

Mit dem prognostizierten Klimawandel steigt auf vielen mitteleuropäischen Standorten das Bestandesrisiko für die Fichte. Auch im Zackenbruch nehmen klimatische Extremereignisse wie z. B. Stürme und Trockenheit, in Kombination mit der Ausbreitung des Borkenkäfers Einfluss auf das Blüh- und Fruktifikationsverhalten sowie die Verjüngungsdynamik dieser Baumart.

Die Fichte ist deshalb eine wichtige Indikatorbaumart für die selektive Wirkung von biotischen und abiotischen Schadfaktoren auf genetische Strukturen von Baumpopulationen. Mithilfe eines genetischen Monitorings sollen diese äußerlich kaum sichtbaren Veränderungen in der genetischen Ausstattung der Fichte durch wiederkehrende und vergleichende Untersuchungen an unterschiedlichen Baumgenerationen erkennbar gemacht werden.

Im Zackenbruch wurde daher 2016 von der NW-FVA eine von bundesweit insgesamt zehn Fichten-Flächen eingerichtet, auf denen im Rahmen eines genetischen Monitorings eine Vielzahl von Erhebungen durchgeführt wird. Inwiefern Selektionseffekte über die Waldverjüngung zu einer genetischen Veränderung führen, wird auf einer 1 ha großen Fläche gemessen.



Zweite Fichtengeneration durch Naturverjüngung in einer durch Borkenkäferbefall entstandenen Bestandeslücke

Dort werden die Koordinaten aller potenziell fruchtbildenden Altbäume mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von mehr als 15 cm in einem zehnjährigen Turnus aufgenommen, Ein- und Abgänge erfasst und die Entwicklung der Naturverjüngung beobachtet. Saatgutproben werden – unabhängig vom zeitlichen Turnus – von 20 Bäumen der KRAFTschen Klassen 1 bzw. 2 ausschließlich in Jahren einer Halb- oder Vollmast gezogen. Folgende Untersuchungen werden an dem Material durchgeführt:

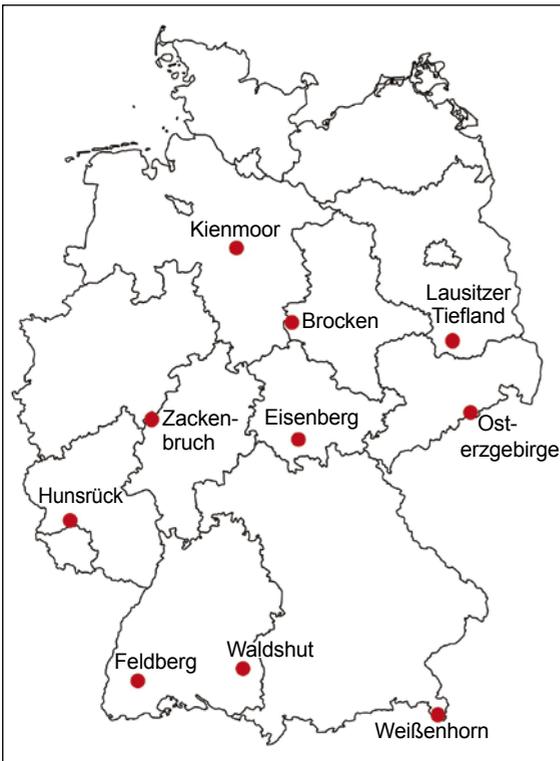
A) Die DNA wird an allen Altbäumen, der Naturverjüngung und an Saatgut analysiert, um die vorliegende genetische Vielfalt sowie den gegenwärtigen Zustand des genetischen Systems der Fichte zu erfassen

(Vielfalt an Genvarianten, Pollen- und Samenausbreitung, Anzahl effektiver Pollen- und Samenspender, Familienstrukturen, Selektion, genetische Drift).

B) An Altbäumen (BHD ≥ 15 cm) werden das Austriebsverhalten, die Blüh- und Fruktifikationsintensität sowie die Vitalität über Merkmale der Kronenstruktur aufgenommen.

C) In einem zertifizierten Labor wird die Saatgutqualität mit Hilfe von Keimprüfung bewertet.

Im Rahmen des genetischen Monitorings werden bundesweit insgesamt zehn Fichtenbestände regelmäßig nach einheitlichen Standards erfasst. Im Gegensatz zum künstlich begründeten und außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes gelegenen Fichtenbestand im Naturwaldreservat Zackenbruch sind autochthone Fichtenbestände in unseren Regionen hingegen vergleichsweise rar, dafür aber umso wertvoller und erhaltungswürdiger. Der Zackenbruch ist aber ein interessantes Untersuchungsgebiet, da sich schon heute klimabedingte Populationsprozesse (Zerfallsprozesse, Verjüngungsdynamik etc.) beobachten und potentielle Veränderungen genetischer Strukturen messen lassen. Gesamtziel des genetischen Monitorings ist es, genetische Indikatoren als Frühwarnsystem für Vitalitäts- und Stabilitätsveränderungen für die Fichte im Klimawandel abzuleiten. Deshalb werden Fichtenbestände sowohl außerhalb als auch innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes (z. B. Brockenfichte, Erzgebirge, Lausitzer Tieflandfichte) erfasst.



Lage der Fichtenbestände, die dem genetischen Monitoring unterliegen

Ausblick

Als ab 1908 der Fichtenbestand im heutigen Naturwaldreservat Zackenbruch begründet wurde, lag bereits eine vielfältige Nutzungsgeschichte hinter dem im nördlichen Lahn-Dill-Bergland gelegenen Waldgebiet. So führte wahrscheinlich in den ursprünglich von Rotbuchen dominierten Waldbeständen bereits die Holznutzung für eine früh- bis hochmittelalterliche Eisenerzverhüttung zur Förderung der Baumarten Eiche und Birke. Die Ausdehnung der Ackerflächen im Hochmittelalter bewirkte dann schließlich eine nahezu vollständige Entwaldung des Gebietes. Nach Aufgabe der nur über einen vergleichsweise kurzen Zeitraum hinweg ackerbaulich genutzten Flächen setzte bereits im 14./15. Jahrhun-

dert eine Wiederbewaldung, vorwiegend mit Rotbuche ein. Neben der Holznutzung hatten die herrschaftliche Jagd, die Waldweide und auch die Köhlerei die Waldbestände des heutigen Naturwaldreservats geprägt, als Georg Ludwig Hartig und Wilhelm Robert von Neufville sie 1804 erstmals nach den Methoden der noch jungen Forstwissenschaft taxierten und ihre mittelfristige Nutzung planten.

In demselben Jahr erschien bereits die zweite Auflage von Hartigs „Anweisung zur Taxation der Forste“. Darin betont Hartig sehr stark den Nachhaltigkeitsgedanken für die Holznutzung: *„Aus den Waldungen des Staates soll jährlich nicht mehr und nicht weniger Holz genommen werden, als bei guter Bewirtschaftung mit immerwährender Nachhaltigkeit daraus zu*



beziehen möglich ist.“ Für die Umsetzung dieser Forderung war eine Waldinventur auf der Grundlage gemessener Daten die wichtigste Voraussetzung. Heute umfasst der Nachhaltigkeitsgedanke in einer multifunktionalen Forstwirtschaft über die Holznutzung hinaus die Nachhaltigkeit aller Waldfunktionen. So ist die Erhaltung der biologischen Vielfalt eine wichtige Schutzfunktion, die ebenfalls nachhaltig erfüllt werden muss. Auch in diesem Zusammenhang sind Inventurdaten notwendig, mit deren Hilfe die Vielfalt der Arten, der Ökosysteme und auch die genetische Vielfalt gemessen und bewertet werden. Hierfür die wissenschaftlichen Grundla-

gen zu erarbeiten, gehört zu den Zielen des hessischen Naturwaldreservate-Programms.

Im Naturwaldreservat Zackenbruch steht die Beobachtung des unbewirtschafteten Fichten-Altbestandes im Vordergrund, der – entgegen aller Erwartung – über mehr als zwei Jahrzehnte hinweg erstaunlich stabil geblieben ist. Wie schnell eine neue Baumgeneration sich hier etablieren kann, aus welchen Arten sie sich zusammensetzt und welche räumlichen Muster sich dabei herausbilden werden, das sind wesentliche Fragen, mit denen sich die Naturwaldreservateforschung auch weiterhin befassen wird.



Weiterführende Literatur

- Jockenhövel, A.; Wilms, C. (Hrsg.) (2005): Das Dietzhölzetal-Projekt: Archäometallurgische Untersuchungen zur Geschichte und Struktur der mittelalterlichen Eisengewinnung im Lahn-Dill-Gebiet (Hessen). Leidorf. 615 S.
- Müller, G. (1905): Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Hauberge im Dillkreise. Z. Forst- Jagdwesen 37: 96-107, 156-172.
- Schäfer, H. (2013): Die herrschaftlichen Waldungen der Struth. Heimatjahrbuch Dillenburg 56: 239-254.

Impressum

Seit 2007 stellt die Reihe „Hessische Naturwaldreservate im Portrait“ Ergebnisse des hessischen Naturwaldreservate-Programms vor. Alle Hefte können kostenlos über Naturwald@nw-fva.de bestellt werden und sind auch als PDF verfügbar.

Herausgeber:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Grätzelstr. 2, 37079 Göttingen, <http://www.nw-fva.de>
Landesbetrieb HessenForst, Bertha von Suttner-Str. 3, 34131 Kassel, <http://www.hessen-forst.de>

Gesamtredaktion: Dr. Marcus Schmidt, Dr. Peter Meyer (NW-FVA)

Text: Dr. Aki Höltken, Dr. Peter Meyer, Torsten Schilling, Dr. Marcus Schmidt

Karten: Dr. Marcus Schmidt (NW-FVA)

Layout: Etta Paar (NW-FVA)

Druck: Printec Offset, Kassel

Bildnachweis: Abteilung Waldbau und Waldökologie der Universität Göttingen: S. 7, 8o; Bedarff: S. 23u, 25; Drehwald: S. 28, 29, 30, 36 2.v.o., 36 2.v.u.; Georg-Luwig-Hartig-Stiftung: S. 10; Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation: S. 17; Hessisches Hauptstaatsarchiv Wiesbaden: S. 11r, 12, 13, 14, 15; Höltken: S. 31, 32; Johannes Kamp, Institut für Landschaftsökologie, Universität Münster (<https://www.uni-muenster.de/Oekosystemforschung/forschung/CopWoods.html>): S. 9; Kohl (1978, Dynamik der Kulturlandschaft im Oberen Lahn-Dillkreis): S. 18; Schmidt: S. 1, 2, 5, 6, 16, 22, 23o, 24, 26, 27, 33, 34, 36o, 36m, 36u; Universitätsbibliothek Leipzig: S. 111

ISSN 2191-107X

Kartengrundlage: Top. Karte 1:25.000 Nr. 5215 © HLBG

Göttingen, Oktober 2017

Umschlagvorderseite: Roter Fingerhut

Umschlagrückseite: Fichte, Zypressen-Schlafmoos, Eberesche, Schönes Frauenhaarmoos, Besenginster (von oben nach unten)

